Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens
Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians

L'élevage de la morue franche, *Gadus morhua*: réalités biologiques et économiques

J.-D. Dutil, C. Cantin, P. Lauzier, M. Naud,
J. Munro et R. Bailey

Direction des Sciences biologiques
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000 Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4

Novembre 1989

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques No 200

Pêches et Océans Fisheries and Oceans
Canada

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92–110 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport canadien à l'industrie sur
les sciences halieutiques et aquatiques
No 200

Novembre 1989

L'ELEVAGE DE LA MORUE FRANCHE, *GADUS MORHUA*: REALITES BIOLOGIQUES ET ECONOMIQUES

par

J.-D. Dutil[1], C. Cantin[2], P. Lauzier[2]
M. Naud[2], J. Munro[1], R. Bailey[1]

Direction des Sciences biologiques
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

[1] Division de l'aquaculture, Région du Québec
[2] Division des services économiques, Région du Québec

90-01225/

Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1989
No de catalogue Fs 97-14/200F ISSN 0704-3708

On devra référer comme suite à cette publication:

Dutil, J.-D., C. Cantin, P. Lauzier, M. Maud, J. Munro et R. Bailey, 1989. L'élevage de la morue franche, Gadus morhua: réalités biologiques et économiques. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. no 200: x + 41 p.

TABLE DES MATIERES

Page

LISTE DES TABLEAUX v

LISTE DES FIGURES vi

RESUMÉ / ABSTRACT ix

PREFACE x

INTRODUCTION 1

PARTIE I - CONTEXTE ÉCONOMIQUE

L'OFFRE MONDIALE 2

Débarquements mondiaux 2

LA DEMANDE 3

Importance du marché américain pour le Québec 3

Évolution de la consommation américaine 3
Consommation des produits de la mer 4
Consommation des autres sources de protéines 4

Marché américain du filet de morue 5
Inventaire américain 5
Importations américaines 6
Prix 6

Marché du salé-séché 7

POTENTIEL AQUICOLE AU QUÉBEC 8

Considérations micro-économiques 10

TABLE DES MATIERES (suite)

Page

PARTIE II - BIOLOGIE ET ELEVAGES EXPERIMENTAUX

REPRODUCTION 12

Maturation sexuelle 12

Fécondation 12

DEVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE 13

LARVE VITELLINE ET POSTLARVE 14

Mortalité 15

Croissance 16

STADES JUVENILES ET ADULTES 16

Distribution 16

Alimentation 17

Métabolisme 18
Ration de base 19
Ingestion et digestion 19
Taux de conversion 20

Croissance 21

Maladies 22

Parasites 23

DISCUSSION 24

REFERENCES 27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	Estimation des coûts de production des poissons marins en cages flottantes en Europe et du saumon de l'Atlantique au Canada	11
2	Résumé des caractéristiques biologiques de cycle de vie de la morue franche	36

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	Partage des débarquements de morue dans les principaux pays en 1987. Les statistiques pour le Canada excluent le Québec	2
2	Débarquements de morue dans les principaux pays de 1980 à 1988. Les données de 1988 constituent des projections	2
3	Exportations québécoises de morue par pays de destination en 1987	3
4	Exportations québécoises de morue par catégorie de produits en 1987	3
5	Consommation américaine des produits de la mer	4
6	Indice américain des prix par source de protéines de 1974 à 1987	4
7	Consommation américaine par source de protéines de 1962 à 1988	5
8	Inventaire américain (en fin de mois) de filets de morue	5
9	Importations américaines de filets de morue par pays d'origine pour la période de janvier à juin	6
10	Effet du taux de change sur le prix mensuel du filet de morue (Canada/5 lbs/1-2). Les prix sont exprimés selon le taux de change de janvier 1986 (c) et selon le taux de change courant (v)	7
11	Effet du taux de change sur le prix mensuel du filet de morue (Islande/5 lbs/1-2). Les prix sont exprimés selon le taux de change de janvier 1986 (c) et selon le taux de change courant (v)	7
12	Exportations québécoises de morue légèrement salée par pays de destination en 1987	8

LISTE DES FIGURES (suite)

Figure		Page
13	Exportations québécoises de morue légèrement salée, par pays de destination pour la période 1985 à 1987	8
14	Évolution des prix de la morue légèrement salée, Italie et États-Unis, entre 1985 et 1988	8
15	Évolution des débarquements québécois de morue entre 1984 et 1988	9
16	Évolution des prix au débarquement pour les trois catégories de palangriers du Québec entre 1984 et 1988	9
17	Saisonnalité des prix du filet de morue congelé au marché de Boston (moyenne des prix mensuels de 1983 à 1988)	10
18	Potentiel de fécondation en fonction de la durée de la période de remisage (tiré de Davenport et al. 1981)	13
19	Durée de la période d'incubation en fonction de la température pour les stades larvaires 1A, 1B, 2, 3, 4 et 5 (d'après Thompson et Riley 1984) . . .	14
20	Distribution des fréquences de longueur de larves de morue avec (à droite) ou sans (à gauche) vessie natatoire après 30 jours (d'après Howell 1984)	16
21	Distribution des morues âgées de moins d'un an en fonction de la salinité sur les côtes de l'Angleterre au cours des mois de septembre et octobre, de 1970 à 1975 (tiré de Riley et Parnell 1984)	17
22	Augmentation de la consommation d'oxygène d'une morue nourrie à satiété en fonction du temps. Les points représentent la consommation moyenne sur 24 h. Les repas sont indiqués sur l'abcisse (tiré de Soofiani et Hawkins 1982)	18

LISTE DES FIGURES (suite)

Figure		Page
23	Décroissance du poids de la nourriture dans l'estomac en fonction du nombre d'heures suivant le repas à 2 et 10°C (tiré de Tyler 1970)	20
24	Taux de croissance en fonction du poids de morues nourries à satiété, à 8.5°C (tiré de Braaten 1984)	22

RESUME

Dutil, J.-D., C. Cantin, P. Lauzier, M. Naud, J. Munro et R. Bailey, 1989. L'élevage de la morue franche, Gadus morhua: réalités biologiques et économiques. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. no 200: x + 41 p.

Du strict point de vue biologique, l'élevage de la morue franche semble prometteur. La morue tolère de larges écarts des conditions environnementales et la production de larves et de juvéniles à partir de stocks de géniteurs est relativement simple. Par contre, la production de juvéniles pourrait être facilitée si nous connaissions mieux les besoins nutritionnels des larves. Nous disposons de peu d'informations sur les taux de mortalité de morue pendant la phase d'engraissement. Les maladies bactériennes, le cannibalisme et le parasitisme sont des facteurs qu'il faudra contrôler pour améliorer le rendement des élevages. Au Québec, certaines indications telles la baisse des débarquements et la rareté de morue de forte taille suggèrent une possibilité de marché pour une production aquicole de morue. Par contre, comme le marché des produits halieutiques est influencé par des variables ayant une portée à l'échelle mondiale, c'est à ce niveau que se dessine la tendance des prix. Actuellement, le jeu de l'offre et de la demande mondiale fait en sorte que les prix sont à la baisse. L'élevage de la morue, que ce soit en Ecosse ou au Québec, sur la Basse Côte-Nord, ne semble pas rentable dans les conditions actuelles.

ABSTRACT

Dutil, J.-D., C. Cantin, P. Lauzier, M. Naud, J. Munro et R. Bailey, 1989. L'élevage de la morue franche, Gadus morhua: réalités biologiques et économiques. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. no 200: x + 41 p.

From a biological perspective, Atlantic cod rearing would appear promising. Atlantic cod can tolerate a wide range of environmental conditions and the production of larvae and juvenile cod from brood stocks does not present major problems. Nevertheless, the production of juvenile cod could be enhanced should we have a better knowledge of the nutritional requirements of the larvae. Little information is available on the mortality rate of cod in on-growing facilities. Bacterial diseases, cannibalism and parasites are all factors that need to be handled in order to increase production. In Quebec, the scarcity of large-size cod and decreased catches of wild cod would suggest that cod farming sould be considered as a complement to harvest fisheries. However, prices are also influenced by international markets. Presently, prices tend to decrease. Cod rearing in Scotland and in Quebec, in the Lower North Shore region of the Gulf of St. Lawrence, does not appear to be profitable.

PREFACE

L'industrie aquicole connaît un essor formidable qui pourrait à moyen terme bouleverser le marché des produits marins. Si nous voulons participer à cet essor industriel, nous devons régler certains problèmes inhérents à la production d'organismes en milieu froid, tels un courte saison de croissance et la présence de glaces en hiver, ce qui sous-entend un travail de recherche axé sur de nouvelles espèces présentant le meilleur potentiel économique. La morue franche a déjà fait l'objet d'essais d'élevage à Terre-Neuve et dans le nord de l'Europe et son élevage pourrait être envisagé par certains aquiculteurs de l'Est du Canada. Le personnel de la Division des Services économiques et de la Division de l'Aquiculture, Région du Québec, a préparé le présent rapport dans le but d'analyser les facteurs biologiques et économiques pouvant avoir une incidence sur le succès d'élevage de ce poisson marin au Québec.

INTRODUCTION

La demande mondiale de produits marins est en croissance, mais il semble peu probable que la pêche traditionnelle suffise à la satisfaire. Dans ce contexte, l'aquaculture paraît être l'alternative à privilégier. La production aquicole contribue déjà pour 12% des débarquements mondiaux de produits marins. Malgré un potentiel intéressant, l'industrie aquicole québécoise est encore bien modeste: la production aquicole contribuait en 1988 à 2% du volume des débarquements commerciaux. Cette production, peu diversifiée, est composée exclusivement de truite arc-en-ciel, d'omble de fontaine, de moule bleue et de saumon de l'Atlantique.

Dans le but de favoriser l'essor des productions aquicoles par le biais de leur diversification, nous envisageons ici l'élevage d'une espèce de poisson marin, la morue franche (*Gadus morhua*). Le présent rapport vise quatre objectifs:

- Déterminer si le contexte économique actuel, tant national qu'international, est favorable ou défavorable à cet élevage.
- Relater les résultats des essais d'élevage de la morue;
- Discuter des résultats de recherche pouvant avoir une incidence sur les pratiques d'élevage de la morue; et
- Souligner les domaines où un manque de connaissances de base pourrait nuire à l'expansion d'une industrie basée sur l'élevage de la morue.

La morue est une espèce indigène tolérant une gamme variée de conditions environnementales (Scott et Scott 1988) et dont l'élevage ne date pas d'aujourd'hui. Les premiers essais connus remontent à 1865 lorsque Sars en Norvège recueillit des ovules fécondés en nature pour les incuber en laboratoire. L'année suivante, il réussit la fécondation à partir de gamètes prélevés de morues récoltées en nature. Suite à ces essais, la Norvège inaugura en 1882 l'écloserie de Flodevigen. D'autres écloseries virent le jour à la même époque aux États-Unis et à St. Johns, Terre-Neuve. La production annuelle culmina à 200 millions de larves vésiculées en Norvège et à 2 milliards 500 millions aux États-Unis. L'efficacité de ces programmes n'ayant jamais été démontrée, les gouvernements américain et norvégien y mirent fin, du moins à cette échelle, en 1952 et en 1971, respectivement. Pour les intéressés, Shelbourne (1964) et Solemdal et al. (1984) tracent un tableau historique de l'élevage de la morue au 19e et au 20e siècles.

Le domaine n'en est donc pas à ses premiers balbutiements et cette revue convaincra le lecteur que plusieurs laboratoires maîtrisent déjà les techniques de base pour la fécondation, l'incubation et la production des larves. Comme les écloseries avaient pour but la production de larves en vue de reconstituer les stocks exploités de l'Atlantique, il y a eu peu d'essais de production de juvéniles ou de morues de taille commerciale à l'échelle industrielle. Par contre, il y a eu récemment quelques essais en ce sens, comme ceux tentés dans des lagunes en Norvège (Kvenseth et Oiestad 1984; Oiestad et al. 1985), et dans des bassins extérieurs à Terre-Neuve (Williams et Kiceniuk 1986). Il existe aussi une entreprise commerciale d'engraissage de la morue sur une base saisonnière à Terre-Neuve. Howell (1984) en Angleterre a réussi un élevage de la fécondation jusqu'à la production de morues de près d'un demi kilogramme démontrant la faisabilité de l'élevage de la morue en

climat tempéré. Soulignons que la morue semble être un modèle intéressant pour le chercheur intéressé par les poissons marins de sorte qu'il y a beaucoup de renseignements pertinents à l'aquaculture de la morue dans la littérature scientifique.

PARTIE I - CONTEXTE ECONOMIQUE

L'OFFRE MONDIALE

L'offre mondiale de produits marins par l'industrie des pêches est importante à considérer dans l'éventualité de la production aquicole d'une espèce marine. Comme le marché du poisson est international, l'offre mondiale est un indicateur du niveau de concurrence que devra affronter la production aquicole.

Débarquements mondiaux

Au cours des dernières années, les débarquements mondiaux de morue franche ont évolué autour des 1,9 millions de tonnes métriques (tm). Cinq pays se partagent plus de 60% des débarquements totaux. Il s'agit par ordre d'importance, en 1987, du Canada, de l'Islande, de la Norvège, du Danemark et des Etats-Unis. Des 1 325 800 tm débarquées par ces pays en 1987, le Québec compte pour 2,3% (Fig. 1) (Lauzier, 1988).

Depuis 1983 les débarquements de morue de ces pays sont relativement stables, ce qui indique que l'offre de morue n'a pas été le facteur déterminant dans les fluctuations de prix des produits de cette espèce au cours des dernières années (Fig. 2).

Figure 1. Partage des débarquements de morue dans les principaux pays en 1987. Les statistiques pour le Canada excluent le Québec.

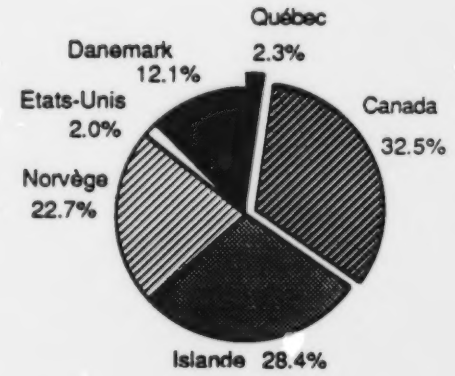
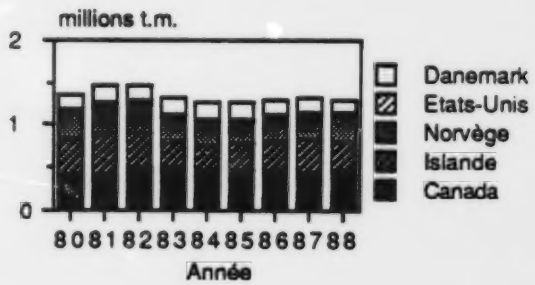


Figure 2. Débarquements de morue dans les principaux pays de 1980 à 1988. Les données de 1988 constituent des projections.



La stabilité des débarquements et l'historique de cette exploitation permettent de croire à une exploitation maximale des stocks mondiaux. Bien que la FAO estime que l'on peut augmenter les débarquements par une stratégie de gestion plus efficace, il est peu probable que l'offre de morue par la pêche traditionnelle augmente de façon significative au niveau mondial.

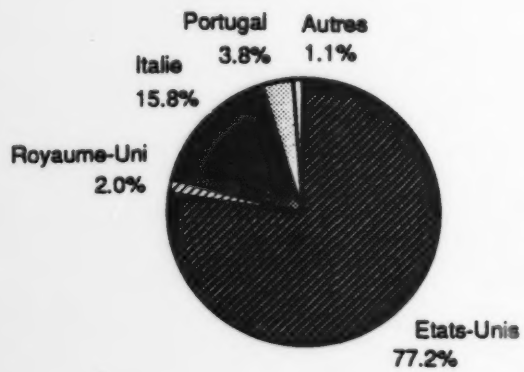
LA DEMANDE

Dans un contexte de stabilisation de l'offre, la demande influence les prix fixés sur un marché libre. Il est donc important de connaître l'évolution de cette dernière dans un projet d'entreprise aquicole. Cette demande sera en partie responsable de la viabilité économique du projet. De plus, l'analyse de la demande permet d'identifier les marchés les plus lucratifs et d'y déceler les exigences au niveau de la matière première.

Importance du marché américain pour le Québec

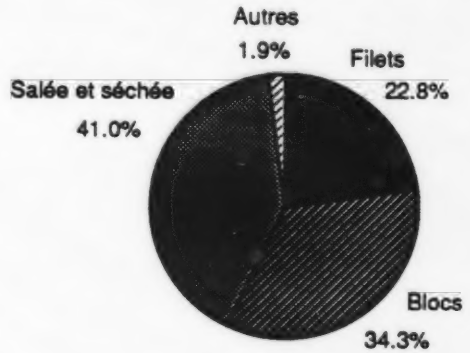
En 1987, le Québec a exporté pour 32,2 millions $ de produits de la morue. En valeur, 77% de nos exportations ont été dirigées vers les Etats-Unis. L'Italie constitue la deuxième destination en importance avec près de 16% de la valeur totale. Suivent le Portugal avec 3,8%, le Royaume-Uni avec 2%, tandis que les autres destinations ne comptent que pour un peu plus de 1% (Fig. 3).

Figure 3. Exportations québécoises de morue par pays de destination en 1987.



Une analyse plus détaillée de nos exportations nous permet de constater que l'importance du marché américain varie selon le type de produit exporté. Ainsi, les produits de morue salée/séchée qui totalisent 41% des 32,2 millions $ sont à 50% exportés aux Etats-Unis (Fig. 4).

Figure 4. Exportations québécoises de morue par catégorie de produits en 1987.



C'est dans ce type de production que se concentrent aussi nos exportations vers l'Italie et le Portugal. Par ailleurs, nos exportations de blocs de morue sont dirigées à 96% vers les Etats-Unis. Il en est de même pour les filets. Dans ces deux cas, le Royaume-Uni constitue le deuxième débouché. Partant de ce qui précède on comprendra mieux l'impact que peuvent avoir les fluctuations de la demande américaine sur nos produits.

Evolution de la consommation américaine

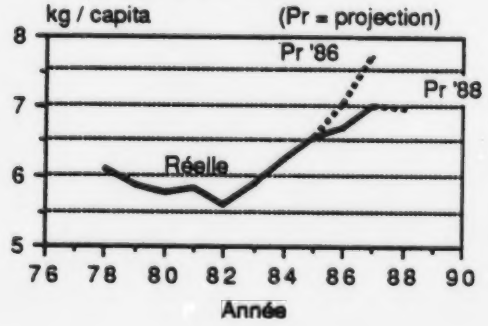
Les Etats-Unis représentent un marché potentiel de plus de 220 millions de consommateurs. Une faible variation de la consommation per capita peut produire des effets très importants sur l'industrie des pêches. Par exemple, une augmentation de

0,1 kilo de la consommation annuelle de poisson per capita aux Etats-Unis crée une augmentation de 22000 tonnes métriques de la demande.

Consommation des produits de la mer

Depuis 1982, la consommation américaine des produits de la mer a connu une augmentation importante, passant de 5,58 kg per capita en 1982 à 7,03 kg per capita en 1987 soit une hausse moyenne de 5% par an (Fig. 5). Cependant, il est intéressant d'examiner l'évolution des dernières années à la lumière des projections qui se dessinaient en 1986. Les analystes prévoyaient que la consommation américaine pourrait atteindre 7,71 kg per capita en 1987, si les approvisionnements s'avéraient suffisants.

Figure 5. Consommation américaine des produits de la mer.



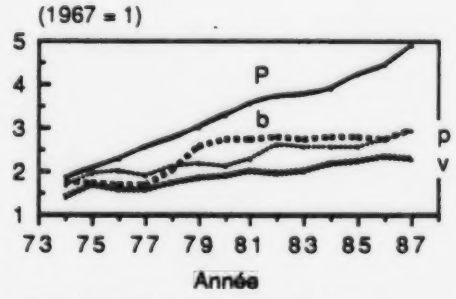
Dès 1986 il est devenu évident que les espèces traditionnellement consommées sur le marché américain ne pourraient combler la demande. Il s'en suivit une hausse importante des prix des produits de ces espèces et une recherche de nouvelles sources d'approvisionnement pouvant combler cette demande (Mahi-Mahi, Orange rughi, etc).

Malheureusement, la hausse rapide des prix a ralenti la consommation. Selon les dernières statistiques, la consommation américaine de produits de la mer est en baisse. Elle est passée de 7 kg per capita en 1987 à 6.8 kg en 1988. Les projections les plus récentes laissent croire que l'on pourrait assister à une légère baisse, ou à tout le moins à une stabilisation de la consommation américaine des produits de la mer pour 1988.

Consommation des autres sources de protéines

Pour se convaincre de l'influence de la hausse des prix des produits de la mer sur la consommation, il suffit de comparer la hausse de prix des principales sources de protéines. Les indices américains de prix montrent depuis 1984 une hausse plus rapide des prix du poisson comparativement à ceux des autres sources de protéines.

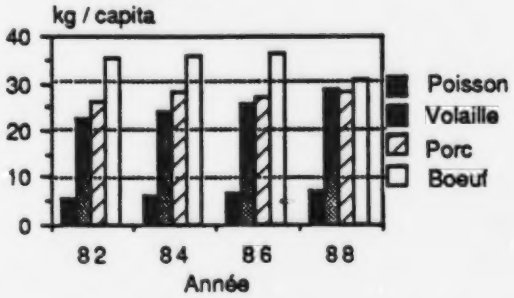
Figure 6. Indice américain des prix par source de protéines de 1974 à 1987.



(P poisson; b boeuf; v volaille; p porc)

La résistance des consommateurs à une hausse trop rapide des prix est d'autant plus frappante dans le cas des poissons, que la consommation américaine de poissons est loin d'atteindre celle des autres sources de protéines (Fig. 7).

Figure 7. Consommation américaine par source de protéines de 1962 à 1988.



Il est intéressant de noter qu'avec une hausse plus modérée des prix, la consommation américaine de volaille connaît une augmentation progressive.

La hausse rapide des prix du poisson a créé une résistance auprès des consommateurs se traduisant par un ralentissement et même une légère baisse de la demande pour ces produits. Examinons maintenant l'impact de cette baisse sur le marché du filet de morue (représentative du marché de la morue fraîche et de la morue congelée) et de la morue séchée légèrement salée (représentative du marché de la morue salée-séchée).

Marché américain du filet de morue

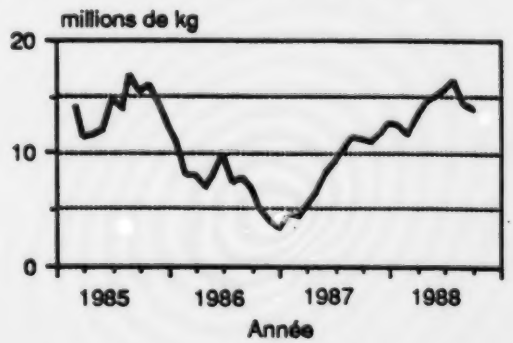
Comme le marché américain est le principal client pour le filet de morue canadien, la demande sur ce marché sera indicatrice des prix que pourraient obtenir les industriels canadiens alimentés d'une éventuelle production aquicole de morue. L'évolution des inventaires est un indicateur de cette demande. Comme la pêche est une activité saisonnière, les distributeurs en gros doivent accumuler des inventaires durant la saison d'activité pour ensuite les écouler durant la saison morte. Une variation de la demande influencera l'évolution cyclique des inventaires. Une hausse imprévue de la demande réduit plus rapidement les inventaires alors qu'une baisse de la demande va laisser des inventaires de fin de saison plus élevés que les années antérieures.

Inventaire américain

Pour faire face à la demande, les importateurs américains ont démontré, au cours des années 1986 et 1987, une très grande agressivité sur les marchés mondiaux. Ils ont dominé les marchés en offrant des prix élevés et en multipliant leurs sources d'approvisionnement. Le ralentissement de la demande a commencé à se faire sentir dès 1987, alors que les inventaires américains de filets n'ont pas connu en deuxième moitié d'année, la baisse qui les caractérise habituellement.

Conséquemment, les inventaires américains de filets de morue ont grimpé presque constamment depuis la fin de 1986, passant de 7,4 millions de livres en novembre 1986 à 36 millions de livres en juin 1988 (Fig. 8). Bien que l'on ait déjà atteint de tels niveaux d'inventaires (ex: 1985) il convient de noter que la demande était alors à la hausse.

Figure 8. Inventaire américain (en fin de mois) de filets de morue.

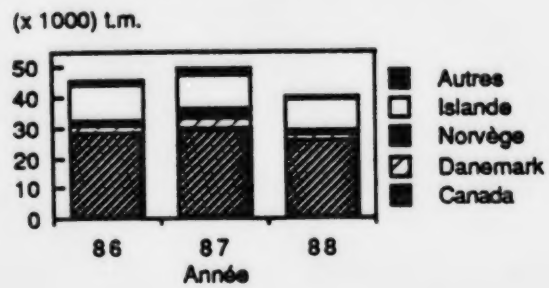


Importations américaines

Les volumes d'importations sont également un indicateur de la demande sur un marché. Une demande forte incitera les acheteurs à faire preuve d'agressivité sur les marchés internationaux afin de s'assurer un approvisionnement adéquat. Ceci aura comme effet d'augmenter le niveau des importations annuelles. À l'inverse, une baisse de la demande aura comme effet la réduction des importations.

L'impact de la hausse des inventaires, dû à la baisse de la consommation américaine de poisson de fond, se répercute sur toutes les sources d'importations américaines (Fig. 9). Cependant, le Canada qui comptait pour 60% des importations américaines au 30 juin 1987, compte pour 63,7% à la même date en 1988. C'est le Danemark et la Norvège qui voient leur part diminuer, alors que leurs exportations sur le marché américain baissent respectivement de 55% et 27%. L'effet des taux de change joue sûrement et ces pays dirigent probablement une plus grande partie de leur production vers l'Europe où le taux de change leur est plus favorable.

Figure 9. Importations américaines de filets de morue par pays d'origine pour la période de janvier à juin.



Le contexte actuel du marché américain de la morue se résume par une stabilisation de l'offre et une baisse de la demande. Quel est donc l'effet de ce contexte particulier sur les prix ?

Prix

Dans un projet de production aquicole, l'évolution des prix payés à l'industrie des pêches peut donner une indication de l'évolution du prix que pourra recevoir l'aquiculteur pour son produit. La tendance indiquera si l'aquiculteur peut s'attendre à une hausse ou à une baisse de prix dans l'avenir.

À la hausse des inventaires américains de filets de morue amorcée à la fin de 1986, correspond la baisse et/ou la stabilisation des prix des différents types de filets congelés de morue. Le filet canadien a atteint un sommet en janvier 1987, puis a connu une baisse progressive jusqu'à $1.75US/lb en octobre 1988. On s'attend à ce que le prix se stabilise à plus ou moins $2.00 US/lb.

Le taux de change est un autre facteur qui a eu de l'influence sur le prix de la morue (Fig. 10). La dévaluation du dollar américain par rapport au dollar canadien a obligé les transformateurs canadiens en général, à absorber jusqu'à 8% de la baisse du prix du filet. L'appréciation de la monnaie canadienne n'a pas induit la baisse des prix sur le marché américain mais a plutôt amplifié le mouvement.

Figure 10. Effet du taux de change sur le prix mensuel du filet de morue (Canada/5 lbs/1-2). Les prix sont exprimés selon le taux de change de janvier 1986 (c) et selon le taux de change courant (v).

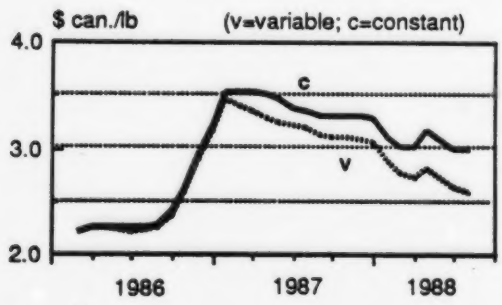
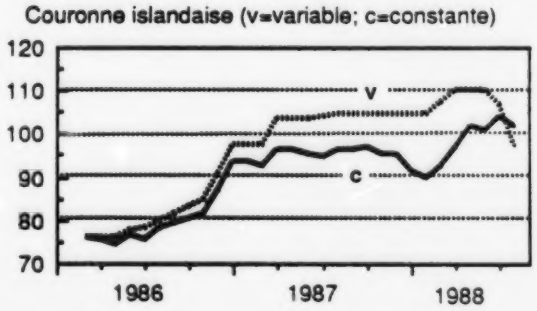


Figure 11. Effet du taux de change sur le prix mensuel du filet de morue (Islande/5 lbs/1-2). Les prix sont exprimés selon le taux de change de janvier 1986 (c) et selon le taux de change courant (v).



Pendant ce temps, les filets norvégien et islandais réussissaient à se maintenir au niveau du prix atteint à la fin de 1986. La qualité du produit européen explique en partie la différence de prix.

Le marché monétaire a donc une influence certaine sur le marché du poisson. Le taux de change est un élément très important pour un pays comme l'Islande dont l'économie est basée sur la pêche (Fig. 11). Pour contrer la remontée de sa monnaie face au dollar américain, l'Islande a dévalué volontairement sa monnaie afin que ses produits demeurent compétitifs sur le marché international.

Globalement, le marché de la morue fraîche et congelée est à la baisse. Cette tendance à la baisse pourrait faire place à une certaine stabilité des prix lorsque les inventaires seront revenus à des niveaux normaux.

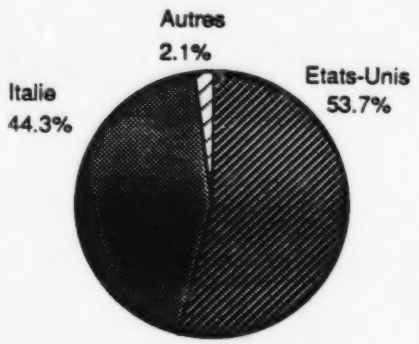
Qu'en est-il cependant du marché de la morue salée-séchée, deuxième marché en importance pour la morue du Québec.

Marché du salé-séché

La morue légèrement salée constitue le principal produit d'exportation parmi l'ensemble de la production québécoise de salé-séché. En 1987, les principaux marchés pour ce type de produit étaient les Etats-Unis et l'Italie (Fig. 12). Les Etats-Unis ont reçu 53.7% des exportations québécoises de morue légèrement salée, principalement de la morue légèrement salée avec plus de 43% d'humidité. L'Italie, pour sa part, a reçu 44.3% des exportation de

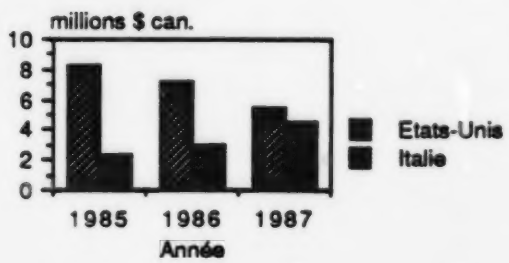
morue légèrement salée principalement à 43% d'humidité ou moins.

Figure 12. Exportations québécoises de morue légèrement salée par pays de destination en 1987.



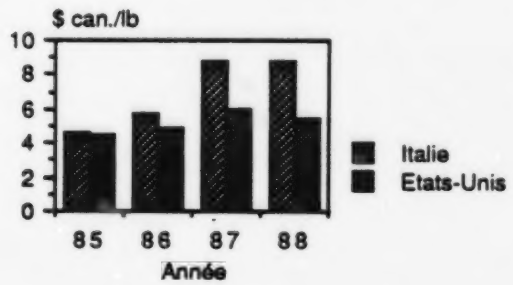
Depuis 1985, on observe un changement d'importance des marchés d'exportation pour la morue salée-séchée (Fig. 13). La valeur des exportations québécoises vers l'Italie augmente continuellement alors que la valeur des importations américaines pour le même produit est à la baisse.

Figure 13. Exportations québécoises de morue légèrement salée, par pays de destination pour la période 1985 à 1987.



Le prix de la morue légèrement salée exportée en Italie a progressé plus rapidement que sur le marché américain (Fig. 14). La demande sur le marché italien semble se maintenir puisque les prix en 1988 ont conservé leurs niveaux de l'année 1987 contrairement à la tendance générale des prix à la baisse sur tous les autres marchés de la morue canadienne.

Figure 14. Évolution des prix de la morue légèrement salée, Italie et Etats-Unis, entre 1985 et 1988.



De plus, le taux de change entre la lire italienne et le dollar canadien demeure favorable aux exportations canadiennes.

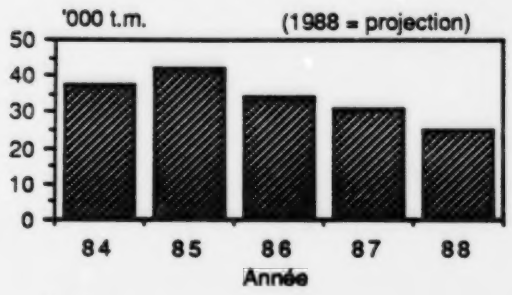
POTENTIEL AQUICOLE AU QUÉBEC

Certaines indications du contexte québécois de la morue suggèrent une possibilité de marché pour une production aquicole de morue.

Les débarquements québécois de morue sont à la baisse depuis 1985 (Fig. 15). Les résultats préliminaires de la saison 1988 indiquent que les captures seront encore moins importantes qu'en 1987. Au niveau de toute la région du Golfe du Saint-Laurent, ce sont les pêcheurs utilisant des engins

fixes qui subissent le plus cette diminution.

Figure 15. Évolution des débarquements québécois de morue entre 1984 et 1988.

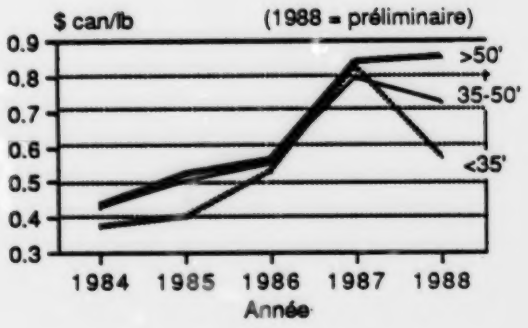


Ceci implique une rareté encore plus prononcée de la grosse morue sur les marchés puisque les engins fixes (les palangriers surtout) capturent une large part de la morue de grande taille. Tout ceci se traduit par une difficulté croissante pour les transformateurs de s'assurer un approvisionnement de morue leur permettant de produire pendant la saison entière.

L'offre sur le marché de la morue salée-séchée est restreinte par la disponibilité de morue de grande taille nécessaire à cette production. La rareté de la grosse morue s'est traduite en 1988 par un prix plus élevé payé aux pêcheurs qui en capturaient.

Au Québec comme dans tout le Golfe, ce sont les pêcheurs utilisant des engins fixes (les palangriers) qui capturent les grosses morues. Les gros palangriers (> 50 pieds) ayant un rayon d'autonomie plus grand que les petits sont plus en mesure d'aller chercher la grosse morue. Les prix payés au débarquement en 1988, reflétaient la différence de taille dans les captures pour les palangriers du Golfe (Fig. 16). Donc, un aquiculteur élevant de la morue pourrait avoir avantage à produire de la grosse morue qui commandait des prix plus élevés. Encore faut-il que le différentiel de prix qui prévalait en 1988 se répète dans l'avenir.

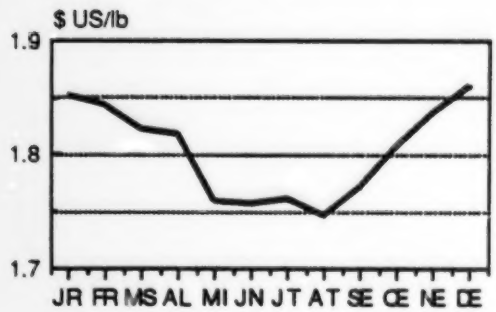
Figure 16. Évolution des prix au débarquement pour les trois catégories de palangriers du Québec entre 1984 et 1988.



Il semble exister une légère saisonnalité dans les prix du filet de morue sur le marché de Boston (+ 5 % hors saison) (Fig. 17). Un producteur aquicole pourrait peut-être obtenir un meilleur prix en vendant son produit hors saison, soit durant la période décembre - janvier. Cependant, la moyenne des prix mensuels au débarquement pour la morue québécoise et la morue de palangre de la région Scotia-Fundy ne montre aucune saisonnalité particulière.

La morue de l'Islande ou de Norvège commande des prix plus élevés que la morue du Québec. Cette différence de prix est souvent liée à la qualité supérieure que les acheteurs attribuent à ces produits. Une production aquicole pourrait être en mesure d'améliorer la qualité des produits et ainsi obtenir un prix équivalent ou même supérieur aux produits islandais.

Figure 17. Saisonnalité des prix du filet de morue congelé au marché de Boston (moyenne des prix mensuels de 1983 à 1988).



Considérations micro-économiques

Il existe peu d'information disponible à l'heure actuelle sur les entreprises aquicoles qui produisent de la morue. L'élevage de la morue est pratiqué en Norvège. La production extensive de juvéniles est faite dans de larges baies fermées. Les poissons atteignent un poids de deux kilos en deux ans environ. La viabilité commerciale de cette activité n'est pas encore démontrée. Une entreprise conjointe Ecosse - Norvège est à planifier la production de morue en cages flottantes dans le nord-est de l'Ecosse. Les norvégiens devraient fournir 5 000 à 10 000 alevins servant à débuter les opérations en 1988 - 1989. Il existe également à Terre-Neuve une entreprise aquicole privée qui se spécialise dans l'engraissement de la petite morue de trappe possédant une faible valeur initiale.

L'état actuel des connaissances sur l'élevage des poissons marins en cages flottantes permet de faire certaines hypothèses réalistes sur les coûts de production des poissons marins en général (Tableau 1).

Selon Myrseth (1988), les poissons marins dont le prix sur le marché est supérieur ou égal à 5,70 $ can/kg pourraient être produits en aquiculture de façon rentable en Europe. Au Nouveau-Brunswick, il est à noter que le coût de production pour élever du saumon en cage s'élèverait à $ 7,24/kg (Piander et Good, 1988). Actuellement, la morue est considérée comme un poisson à faible valeur et son prix sur le marché est encore loin de 5,70 $/kg. Par contre, certaines espèces comme la truite et le barbu de rivière ont des coûts de production nettement inférieurs aux coûts présentés ici. La morue a peut-être une structure de coûts de production qui s'apparente à ces espèces, mais ceci reste à prouver.

Les informations disponibles à ce sujet proviennent d'une étude produite par Jones (1984). Ce dernier a simulé financièrement l'exploitation d'une entreprise commerciale d'élevage de morue de l'oeuf à la taille commerciale. Ses conclusions étaient celles-ci: "Techniquement, l'élevage de morue est possible, mais les projections économiques indiquent un coût de production supérieur au prix du marché. Dans les conditions actuelles, ce type d'élevage ne peut être rentable. Une petite entreprise ayant accès à une alimentation peu coûteuse et à un marché spécialisé pourrait être rentable". Est-ce qu'il serait rentable d'élever de la morue au Québec? Voilà la question à laquelle tentent de répondre Cantin et Bourdages (1989).

TABLEAU 1. Estimation des coûts de production des poissons marins en cages flottantes en Europe et du saumon de l'Atlantique au Canada.

Hypothèses	Poissons marins Europe	Saumon de l'Atlantique Canada
Investissements	3,45 $/kg	2,89 $/kg
Taux de conversion alimentaire	1,5	2,2
Coûts d'alimentation	1,12 $/kg	0,90 $/kg
Production (/employé(e)/année)	50 tm	12,6 tm
Intérêts	10%	10%
Dépréciation	> 5 ans	> 5 ans*
<u>Coûts de production</u> ($/kg):		
Alimentation	1,70 $	1,98 $
Alevins	0,90 $	0,98 $
Main d'oeuvre	0,68 $	1,52 $
Autres coûts d'opération	0,17 $	1,43 $
Entretien/Maintenance	0,34 $	0,13 $
Administration	0,34 $	0,43 $
Amortissement	0,68 $	0,48 $
Intérêts sur investissement	0,34 $	0,29 $
Intérêts sur marge de crédit	0,55 $	---
Total de frais de production	5,70 $/kg	7,24 $/kg

* À l'exception des moteurs et véhicules

PARTIE II - BIOLOGIE ET ELEVAGES EXPERIMENTAUX

REPRODUCTION

La reproduction revêt une double importance pour l'entreprise aquicole. Ainsi, l'entreprise visant l'engraissement doit connaître les facteurs de déclenchement de la maturation sexuelle, puisque celle-ci ralentira la croissance, ce qui se traduira par une augmentation du coût de production. De même, si elle maintient un stock de géniteurs, l'entreprise doit contrôler le cycle de maturation sexuelle de manière à obtenir des gamètes de façon synchrone et si possible à tout moment de l'année.

Maturation sexuelle

La saison de reproduction de la morue est très étendue. Entre Terre-Neuve et le banc Georges, elle a lieu de janvier à juin (Fahay 1983; Scott et Scott 1988). Dans le sud du Golfe du Saint-Laurent, elle commence en mai, culmine à la fin-juin (Powles 1958) pour se terminer à l'automne (Scott et Scott 1988). Par contre, la taille et conséquemment la viabilité des oeufs diminuent au cours de la saison de reproduction (Sars cité par Knutsen et Tilseth 1985).

La taille minimale à la maturation sexuelle varie avec les stocks, mais se situe généralement autour de 30 à 35 cm. La taille médiane est autour de 40 cm et toutes les morues de plus de 50 cm sont matures sexuellement (Beacham 1983 a, b; Baird et al. 1986). Holdway et Beamish (1985) et Walsh et al. (1986) ont identifié des critères histologiques permettant de distinguer les morues immatures des géniteurs, plusieurs mois à l'avance. Malheureusement, il n'existe pas de caractères sexuels secondaires visibles, sauf peut-être la formation de tubercules nuptiaux chez les mâles (Vladykov et al. 1985). Les morues en voie de maturation sexuelle, du moins en captivité, cessent de s'alimenter; pendant 2 mois leur croissance est négative ce qui entraîne une perte de poids reliée à la fraie de 16% chez les mâles et de 27% chez les femelles (Braaten 1984).

La fécondité est élevée. Elle peut être calculée au moyen de la formule suivante:

$$F = 0.50\ L^{3.42} \qquad \text{(May 1967)}$$

où L est la longueur (cm) et F la fécondité en million d'ovules.

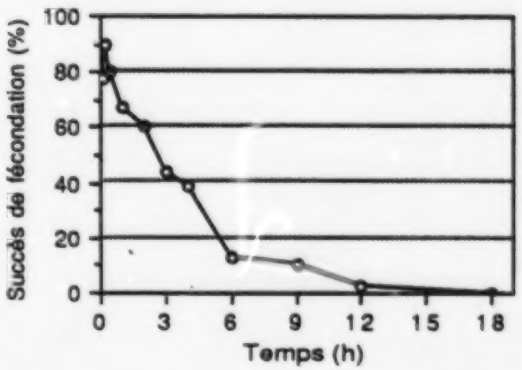
Donc, une morue de 40 cm produit environ 150,000 ovules et une morue de 80 cm environ 1,600,000 ovules. Même si la fécondité est fonction du poids, le nombre d'ovules par unité de poids est constant (Eliassen et Vahl 1982).

Fécondation

Les techniques de fécondation *in vitro*, suite au prélèvement des gamètes d'un mâle et d'une femelle ou de plusieurs mâles et femelles sont les mêmes que pour d'autres poissons. Les gamètes peuvent être conservés plusieurs heures à sec à des températures de 5°C (Kjorsvik et Lonning 1983). Par contre, les oeufs gardés en eau de mer deviennent vite stériles (Fig. 18) (Davenport et al. 1981). La méthode sèche et la méthode humide ont donné de bons résultats. La méthode sèche consiste à féconder les oeufs dans un récipient ne contenant pas d'eau de mer, bien que le

récipient doit être mouillé au préalable. Dans la méthode humide, les oeufs sont mis dans l'eau de mer, généralement à 5 ou 6 °C, température à laquelle la fraie a lieu, et la laitance est versée. Le mélange est laissé à reposer de quelques minutes à une heure avant d'être rincé plusieurs fois avec de l'eau de mer (Shelbourne 1964; Kjorsvik et Lonning 1983; Iversen et Danielssen 1984).

Figure 18. Potentiel de fertilisation en fonction de la durée de la période de remisage (tiré de Davenport et al. 1981).



Certains auteurs privilégient la technique de la "fraie naturelle" dans un bassin ou un étang (Laurence et Rogers 1976; Jones 1984). D'ailleurs, cette technique n'est pas récente puisqu'elle a été utilisée très tôt en Norvège (Solemdal et al. 1984). Les oeufs fécondés sans intervention humaine sont récoltés en filtrant l'eau, normalement à la surface, avec un filet à fine maille (Laurence et Rogers 1976; Howell 1984). La flottabilité des oeufs est fonction de nombreux facteurs que nous examinons ailleurs dans ce document. Quelques semaines avant la fraie, les morues deviennent agressives les unes envers les autres alors qu'un mâle vigoureux établit sa dominance et crée un territoire. Les individus dominés se regroupent à l'extérieur de ce territoire. Toute la fraie se déroule dans le territoire de ce mâle dominant, généralement la nuit près de la surface (Brawn 1961 a, b). Les morues ne relâchent pas tous leurs oeufs au même moment. Elles le font sur une période de 2 à 3 semaines (Shelbourne 1964; Holdway et Beamish 1985), les derniers oeufs relâchés étant plus petits et moins viables que les oeufs relâchés les premiers (Knutsen et Tilseth 1985). La fraie naturelle produirait des oeufs de meilleure qualité (Shelbourne 1964).

DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

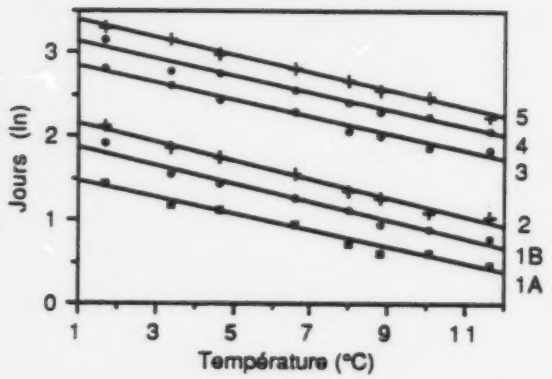
Les oeufs de la morue sont pélagiques. Ils ont un diamètre de 1.2 à 1.6 mm lorsqu'ils ont été mis en contact avec l'eau. Le chorion transparent laisse voir un vitellus homogène sans globule d'huile (Pahay 1983). Leur flottabilité est attribuable à leur contenu élevé en eau (92%) (Craik et Harvey 1987). Plusieurs auteurs ont décrit des méthodes d'incubation conçues pour des oeufs flottants (Shelbourne 1964; Thompson et Riley 1981; Howell [illegible] Kjorsvik et Lonning 1983; Solberg et Tilseth 1984).

Les stades du développement embryonnaire ont été définis et décrits par plusieurs auteurs dont Laurence et Rogers (1976), Thompson et Riley (1981), Pahay (1983), et Makhotin et al. (1984). La longueur de la période d'incubation est directement proportionnelle à la température (Fig. 19) et cette relation peut être décrite par l'équation suivante:

$Y = 21.96 - 1.30 X$ (Laurence et Rogers 1976)

où Y est la période en jours et X la température (°C).

Figure 19. Durée de la période d'incubation en fonction de la température pour les stades larvaires 1A, 1B, 2, 3, 4 et 5 (d'après Thompson et Riley 1984).



Des résultats semblables ont été obtenus par Thompson et Riley (1981) (10 jours à 12°C, 17 jours à 6.5°C et 28 jours à 1.7°C) et Kuftina et Novikov (1986) (16 jours à 6°C et 43 jours à 0°C) par exemple.

Le développement embryonnaire est normal entre -1.5 et 10°C (Makhotin et al. 1984) mais cela peut varier d'un stock à l'autre, puisque le taux d'éclosion des oeufs a été nul à des températures de moins de 1.5°C pour des stocks plus méridionaux (Thompson et Riley 1981). C'est à des températures de 5°C que se concentrent les oeufs de morue en mer (Ellertsen et al. 1984). Le taux de conversion des réserves énergétiques est d'ailleurs plus faible à 0°C qu'à 6°C (Kuftina et Novikov 1986). Par contre l'embryon est mieux développé et est plus grand à l'éclosion à 1°C (4.9 mm) qu'à 6°C (4.2 mm) (Makhotin et al. 1984). Des températures de plus de 12°C peuvent aussi être problématiques. Le taux d'éclosion a été nul à des températures de plus de 12°C pour le stock étudié par Thompson et Riley (1981). Iversen et Danielsen (1984) ont tout de même obtenu des larves à ces températures, mais le développement embryonnaire a été moins accéléré, la mortalité et le pourcentage de malformations ont augmenté.

Quelque 95% des embryons incubés à la lumière ont éclos à chacune des 3 températures (3 ,5, 7°C). Le pourcentage a été le même pour des embryons incubés à l'obscurité à 7°C, mais il a chuté à 85% à 5°C et à 75% à 3°C (Solberg et Tilseth 1984).

Le succès de fécondation diminue à des salinités de moins de 34 g/L et à 14 g/L, il est nul (Kjorsvik et al. 1984). Laurence et Rogers (1976) ont observé un taux de mortalité des embryons plus élevé à 26 g/L qu'à 36 g/L, mais la longueur de la période d'incubation n'a pas varié. Le développement des embryons a été qualifié de normal à de basses salinités jusqu'à 10 g/L, mais anormal à une salinité de 7 g/L (Davenport et al. 1981).

LARVE VITELLINE ET POSTLARVE

La période larvaire est la période entre l'éclosion et la métamorphose et, généralement, c'est pendant la période larvaire que les taux de mortalité sont les plus élevés. Les stades de développement larvaire de la morue ont été décrits par Thompson et Riley (1981) et Makhotin et al. (1984). Les larves mesurent à l'éclosion environ 4.5 mm et 200 µg (Olafsen 1984). Elles commencent à s'alimenter entre 1 (Laurence 1978) et plus généralement 4 ou 5

jours plus tard (Gamble et Houde 1984). Pendant ces quelques jours elles tirent leurs besoins nutritionnels de leur sac vitellin, jusqu'à ce que les yeux, la bouche et l'intestin deviennent fonctionnels (Yin et Blaxter 1987a). La résorption du sac vitellin est terminée vers le 7e jour suivant l'éclosion. C'est à ce moment que l'activité alimentaire est à son maximum. Les larves doivent entre le 5e et le 11e jour réussir à tirer leur nourriture exclusivement du milieu extérieur. Si elles n'ont pas rencontré leurs besoins énergétiques au bout du 11e jour, elles sont condamnées, à une température ambiante de 7°C, à mourir dans les 5 jours qui suivent (Yin et Blaxter 1987a).

Dans une situation d'élevage, la taille des proies est un facteur critique, surtout dans les quelques jours suivant l'éclosion. Lorsqu'elles commencent à s'alimenter, les larves ne peuvent ingérer les nauplii d'Artemia sp., un organisme zooplanctonique couramment utilisé pour l'élevage des larves. De plus, une diète constituée exclusivement de rotifères ou de nauplii d'Artemia sp. a des carences et ne permet pas aux larves de survivre jusqu'à la métamorphose (Howell 1984). Howell suggère de nourrir les larves avec des rotifères, puis de passer des rotifères aux métanauplii d'Artemia sp. préalablement nourris d'un mélange de deux algues. Il n'existe à l'heure actuelle aucune nourriture artificielle pour des larves de cette taille (Hjelmeland et al. 1984; Oiestad et al. 1985). Les techniques de production d'algues, de rotifères et d'Artemia sp. de même que les densités de ces organismes et autres organismes zooplanctoniques fournis aux larves sont décrits entre autres par Thompson et Riley (1981), Howell (1973, 1984), Solberg et Tilseth (1984), et Tilseth et Ellertsen (1984).

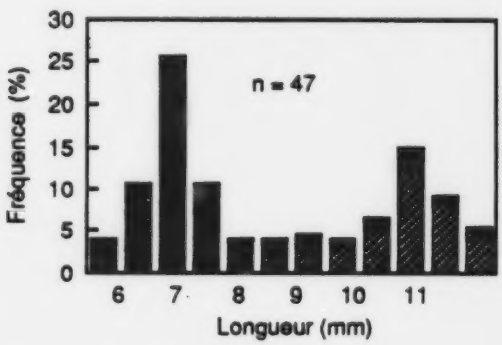
Peu de renseignements sont disponibles sur les facteurs influençant la capture des proies. Les larves de morues sont des prédateurs visuels. Elles s'alimentent sporadiquement et requièrent une intensité lumineuse de l'ordre de 0.1 lux pour détecter les proies (Ellertsen et al. 1984; Tilseth et Ellertsen 1984). En nature, les larves se tiennent près de la surface où elles se nourrissent de nauplii de copépodes dont la taille est fonction de la taille des larves, les plus petites larves se nourrissant de plus petits crustacés (Lough 1984). Graduellement, elles délaissent les nauplii pour des stades plus avancés de copépodes calanoïdes jusqu'à la métamorphose (Kvenseth et Oiestad 1984). En laboratoire, si un choix leur est donné, les larves sélectionnent les nauplii de copépodes (Ellertsen et al. 1984; Tilseth et Ellertsen 1984). Elles consomment un nauplii à l'heure jusqu'à un maximum de 3 ou 4 nauplii. Le temps de digestion d'un nauplii à 5°C est de 30 minutes (Tilseth et Ellertsen 1984). Il existe plusieurs méthodes visuelles (Oiestad 1984; Tilseth et Ellertsen 1984; Yin et Blaxter 1986) et biochimiques (Buckley 1979, 1981, 1984; Raae et al. 1988) permettant de détecter les troubles d'ordre nutritionnel des larves.

Mortalité

Howell (1984) dans une série d'essais a obtenu un taux de survie des larves de 10% jusqu'à la métamorphose et de 5 à 7% au bout d'une période de 72 jours à une taille finale de 3.5 cm. Parmi les facteurs de mortalité, mentionnons des diètes inadéquates et le cannibalisme. Howell (1984) a observé le 30e jour une distribution bimodale des longueurs dû à un retard dans la croissance des larves qui n'avaient pas réussi à remplir leur vessie natatoire (Fig. 20). Lorsque la période critique est passée, le taux de mortalité reste constant (Raae et al. 1988). Le

transfert de larves âgées de 5 jours à des lagunes en Norvège a donné les deux premières années un taux de survie de 2% jusqu'à la métamorphose. Le pourcentage est passé à 30 et même 50% par la suite lorsque des mesures ont été prises pour éliminer le problème de prédation par les méduses sur les larves (Kvenseth et Oiestad 1984; Oiestad et al. 1985).

Figure 20. Distribution des fréquences de longueur de larves de morue avec (à droite) ou sans (à gauche) vessie natatoire après 30 jours (d'après Howell 1984).



La température et la salinité létales (LC_{50}, 24 h) pour des larves à jeun sont respectivement de 16 à 18 °C (à 32 g/l) et de 2 à 3 g/l (à 6°C) (Yin et Blaxter 1987b).

Croissance

La métamorphose se produit à une taille de 10 mm et 1000 µg (poids sec) au bout d'une période de 44 jours à 10°C et de 52 jours à 7°C (Laurence 1978) à 12 mm et 1800 µg (poids sec) au bout d'une période de 35-40 jours (Kvenseth et Oiestad 1984, Oiestad et al. 1985). La croissance en longueur à 7°C a été de 0.083 mm/jour entre l'éclosion et le 32e jour de vie larvaire:

Longueur = 4.502+0.083 Age (jours)
(Yin et Blaxter 1986)

Elle a été de 1.8%/jour entre le 23e et le 62e jour suivant l'éclosion:

Ln (Longueur) = 1.50+0.018 Age (jours)
(Buckley 1981)

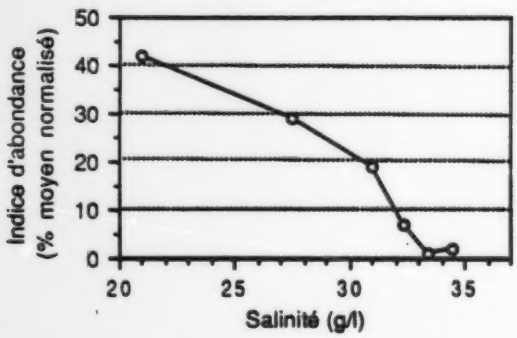
Des courbes de croissance en masse des larves jusqu'à la métamorphose ont été présentées par Kvenseth et Oiestad (1984) et Laurence (1978, 1979).

STADES JUVENILES ET ADULTES

Distribution

Les morues fréquentent les fonds de 30 à 400 m à des températures de 0 à 13°C et des salinités de 31 à 34 g/l, mais on les trouve généralement à des profondeurs de 40 à 100 m et à des températures de 3-4°C (au nord) à 7-8°C (au sud) (Scott 1982). Dans le Golfe du Saint-Laurent, la distribution verticale des morues change avec la taille, les morues de moins de 20 cm se tenant plus près de la côte dans la couche intermédiaire (Jean 1964). C'est également le cas dans l'Atlantique-Est (Fig. 21) où les juvéniles fréquentent les eaux moins profondes, les individus de moins d'un an remontant même les estuaires jusqu'à des eaux dont la salinité n'est que de 10 à 20 g/l dont les morues plus âgées sont absentes (Riley et Parnell 1984). Les morues de moins de 20 cm ne semblent pas migrer hors du golfe du Saint-Laurent en hiver, alors que les autres morues font des migrations saisonnières vers les eaux profondes et l'Atlantique. Ces morues sont de retour près de la côte et près de la surface vers la mi-juin (Jean 1964).

Figure 21. Distribution des morues âgées de moins d'un an en fonction de la salinité sur les côtes de l'Angleterre au cours des mois de septembre et octobre, de 1970 à 1975 (tiré de Riley et Parnell 1984).



Alimentation

Les morues juvéniles et adultes, tout comme les larves, sont des prédateurs visuels. Elles peuvent repérer et saisir des particules aussi fines que 2 mm. Le passage à la vision scotopique a lieu à des intensités lumineuses de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-3} lux (Ali 1971). Les morues sont aussi capables de détecter la nourriture cachée dans le substrat ou les particules fines sur le fond à l'aide des papilles gustatives sur le barbillon et les nageoires pelviennes (Brawn 1969). Il semble que les acides aminés glycine et alanine soient de bons déclencheurs de la séquence d'alimentation (Ellingsen et Doving 1986). Dès qu'elles mesurent 2.5 à 3.0 cm, les morues se nourrissent volontiers de moulée et à partir de cette taille la survie est la même que la diète soit constituée de moulée ou d'Artemia sp. (Bromley et Sykes 1985). Des morues sauvages transportées à nos installations s'alimentaient de moulée ou de poissons quelques jours seulement suivant leur arrivée.

Dans leur milieu naturel, les morues s'alimentent de plusieurs espèces de crustacés et de poissons. Malheureusement, l'incidence du cannibalisme n'est pas négligeable et pourrait être significative en production, puisque les souches non-domestiquées de poisson sont caractérisées par de fortes variations individuelles du taux de croissance. Or, l'incidence du cannibalisme augmente avec la taille en nature: elle est nulle chez les morues de moins de 50 cm et augmente progressivement jusqu'à 7% de la diète chez les morues de plus de 81 cm (Waiwood et Majkowski 1984). De même dans le Saguenay, 10% des poissons dans les estomacs de morue sont des morues (Lalancette 1984). Les morues dont la taille se situe entre 10 et 25 cm semblent faire les frais de ce phénomène (Templeman 1976) ce qui pourrait expliquer la ségrégation des tailles en milieu naturel (Jean 1964, Riley et Parnell 1984). Dans les élevages, le cannibalisme se manifeste à toute taille. Bromley et Sykes (1985) ont noté que plusieurs cas de mortalité étaient dus au cannibalisme chez des morues de 2.5 à 3.0 cm. Bien que le cannibalisme ait généralement lieu entre individus de tailles différentes, les attaques peuvent se produire entre individus de même taille (Brawn 1961a; Bromley et Sykes 1985). L'agressivité entre les morues de même taille est associée à l'établissement d'une hiérarchie entre ces individus. Dans les cas extrêmes, c'est-à-dire pour les morues au bas de la hiérarchie, les menaces et morsures répétées conduisent à des blessures et à un jeûne forcé pouvant entraîner la mort. Ce comportement a été observé au sein de petits groupes de morues de 3 classes de longueur entre 5 et 90 cm (Brawn 1961a). Les cas de cannibalisme sont plus fréquents chez les morues recevant une ration moindre (Oiestad et al. 1985) et, à ration constante, pourraient augmenter avec une élévation de la température, comme ce fut le cas dans nos bassins le printemps dernier. Vraisemblablement, de telles interactions

ont moins de chances de se produire dans les bassins à très fortes densités.

Métabolisme

Le métabolisme des poissons est fonction de plusieurs facteurs, en particulier leur poids et la température de leur environnement. Le métabolisme se mesure habituellement par la consommation d'oxygène puisque les facteurs influençant le métabolisme influencent aussi la consommation d'oxygène. La consommation d'oxygène en fonction du poids du poisson est décrite par l'équation:

$$Q_{O_2}\ (mg\ O_2/heure) = 0.0204\ P(g)^{0.824}$$

(Braaten 1984)

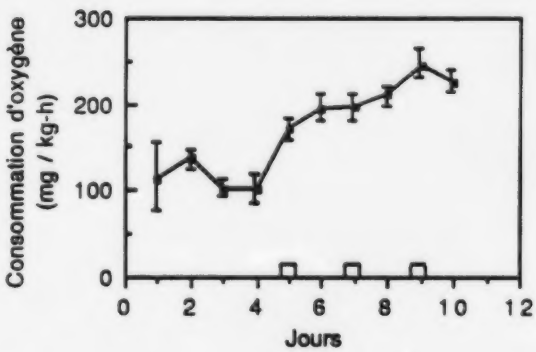
à une température de 8.4°C, et:

$$Q_{O_2}\ (mg\ O_2/heure) = 0.245\ P(g)^{0.82}$$

(Saunders 1963)

à une température de 12°C. Ainsi, des morues de 500 g consomment environ 25 mg O_2/heure à 3 et 46 mg O_2/heure à 15°C contre 178 et 354 mg O_2/heure à 3 et 15°C respectivement pour des morues de 6 kg (Saunders 1963). L'augmentation post-pandriale (suite à l'ingestion de nourriture) de la consommation d'oxygène chez la morue est très marquée. Elle est fonction de la ration, du nombre de repas et de la température (Fig. 22). La consommation retombe au niveau de base environ 24 h suivant le repas ou après plusieurs jours lorsque la morue a consommé plusieurs repas sur une courte période (Soofiani et Hawkins 1982). Ces considérations sont déterminantes puisque la morue ne tolère pas des concentrations d'oxygène sous les 3 mg/L à 10°C (Saunders 1963).

Figure 22. Augmentation de la consommation d'oxygène d'une morue nourrie à satiété en fonction du temps. Les points représentent la consommation moyenne sur 24 h. Les repas sont indiqués sur l'abcisse (tiré de Soofiani et Hawkins 1982).



La température aura aussi une incidence sur la quantité de nourriture ingérée, la proportion de l'énergie consommée requise pour assurer les besoins fondamentaux de l'organisme, et la proportion de l'énergie consommée qui ira à la croissance. De même, la composition de la diète aura une incidence sur la consommation et la croissance. Comme la nourriture représente un fort pourcentage du coût d'exploitation d'une pisciculture, ces variables peuvent décider du succès ou de l'échec, ou à tout le moins de la marge de profit de la pisciculture. Nous n'examinons ci-dessous que l'information spécifique à la morue, les principes généraux du métabolisme des ectothermes, c'est-à-dire les organismes dont la température interne suit la température externe, étant valables aussi pour la morue.

Ration de base

Nous entendons par ration de base la ration requise pour qu'un organisme maintienne constant son poids. La ration de base est fonction du poids:

$R_B = 0.023\ P^{0.80}$ à 13°C
(Jones et Hislop 1978)

$R_B = 0.017\ P^{0.88}$ à 10°C
(Jobling 1982)

$R_B = 0.025\ P^{0.77}$ à 8°C
(Braaten 1984)

où R_B est la ration de base (kcal/jour) et P le poids (g).

La relation entre la ration de base et le poids du poisson est influencée par la température puisque la ration de base augmente avec la température de façon exponentielle. Par exemple, pour des morues de moins de 40 cm, à des températures de 7 à 18°C:

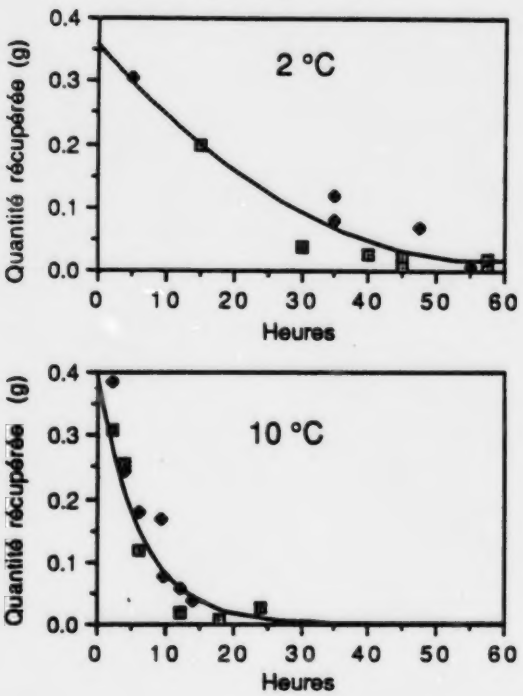
$\text{Log } R_B = 0.065\ T - 1.018$
(Hawkins et al. 1985)

où R_B est la ration de base (% de P) et T la température (°C). Ainsi à 10°C, la ration de base correspond à 0.4% du poids de la morue/jour, contre 0.9% à 15°C (Hawkins et al. 1985). Par contre curieusement, Jobling (1982) n'a trouvé aucune relation entre la ration de base et la température. Kohler (1964) estime que des morues de 510 et 750 g maintenues à des températures ambiantes variant entre 2.5 et 15°C requièrent individuellement en un an 1176 et 1375 g de hareng pour maintenir leur poids constant.

Ingestion et digestion

La quantité de nourriture que la morue ingère pendant un repas augmente avec son poids (Jobling 1983) et diminue avec la température, mais il est à noter que la morue continue à consommer la nourriture offerte à des températures aussi basses que 0 ou 1°C (Saunders 1963; dans nos élevages, données non-publiées). Dans un essai d'engraissement, Williams et Kiceniuk (1986) ont observé une consommation moyenne de 190 g/kg/semaine chez des morues de 40 à 60 cm nourries à satiété trois fois par semaine à des températures variant de 7 à 15°C. Notons que la consommation de nourriture est 1.5 fois plus élevée lorsque les morues sont nourries à satiété deux fois par jour au lieu d'une fois à 4.5°C (Braaten et Gokstad 1980), ce qui reflète vraisemblablement le rythme d'évacuation de la nourriture de l'estomac à l'intestin (Tyler 1970). Celui-ci varie avec la température (Fig. 23): l'estomac se vide en 2.5 jours à 5°C et en 24 h à 10°C. Le taux semble être maximum à 15°C et diminuer à des températures plus hautes, ce qui indiquerait que la température optimale de croissance se situe autour de 15°C (Tyler 1970). Grâce à ces données, il est possible de calculer le nombre de repas à donner par semaine et la ration à donner par poisson pour fournir un maximum d'énergie à la morue selon sa taille et la température de l'environnement.

Figure 23. Décroissance du poids de la nourriture dans l'estomac en fonction du nombre d'heures suivant le repas à 2 et 10°C (tiré de Tyler 1970).



Taux de conversion

Le taux de conversion est le rapport entre la quantité de nourriture ingérée et la croissance (conversion brute), ou entre la quantité de nourriture assimilée et la croissance (conversion nette). Le taux de conversion est utile puisqu'il indique en somme le rendement des diètes. Donc, il est nécessaire de l'inclure dans le calcul des coûts de production. Pour la morue, seul le taux brut de conversion a été évalué. Les taux de conversion doivent être comparés avec prudence puisqu'ils sont calculés de plusieurs manières: poids sec, poids humide, contenu énergétique, en incluant ou en excluant la ration de maintenance.

Au-delà de la ration de maintenance, le taux de conversion calculé comme la pente de la relation entre la croissance (kcal/jour) et la nourriture consommée (kcal/jour) est maximum (24%) à des rations intermédiaires chez des morues de 100 à 900 g, à 15°C (Edwards et al. 1972). C'est parce que le coût d'assimilation n'est pas constant. Il augmente avec la température et la taille de la ration: il est maximal (20% de l'énergie ingérée) à 18°C pour des rations maximales i.e. des poissons nourris à satiété et varierait de 3 à 20% selon les conditions (Soofiani et Hawkins 1982).

Le taux de conversion diminue avec la taille du poisson selon la relation:

$$C_a = 0.79\ P^{-0.19}$$

(Jones et Hislop 1978)

$$C_a = 0.69\ P^{-0.18}$$

(Jobling 1982)

où C_a est le taux brut de conversion calculé comme la pente de la relation entre la croissance (kcal/jour) et la nourriture consommée (kcal/jour) et P est le poids (g) pour des poissons de moins de 900 g.

Le taux de conversion varie avec la diète. Des morues de 3.5 cm nourries exclusivement de moulée pendant 4 mois et mesurant 12 cm au bout de cette période ont reçu par la suite soit de la moulée soit des lançons (Ammodytes sp.) (2 fois par jour à satiété): les morues nourries de moulée ont connu une moins bonne croissance (2.34 cm/mois) que les morues nourries de lançons (2.73 cm/mois) à température ambiante (Howell 1984). Au-delà de la ration de maintenance, des morues de 34 à 54 cm nourries à satiété de hareng transformaient 2.2 kg de nourriture en 1 kg de croissance à des températures variant de 2.5 à 15°C (Kohler 1964). Des morues de 24 à 34 cm nourries de diverses espèces de

poissons requéraient 2.3 kg de nourriture par kg de croissance à des températures de 6 à 18°C (Howell 1984). Williams et Kiceniuk ont mesuré des taux de conversion moins élevés chez des morues de 40 à 60 cm nourries de capelan à satiété 3 fois/semaine à des températures variant de 7 à 15°C.

Croissance

Le taux de croissance des morues est rapide. Braaten (1984) produisit en deux ans et six mois suivant la fécondation des morues de 4 kg. Dans des lagunes, Oiestad et al. (1985) ont produit à partir de larves métamorphosées, des morues de 18 cm (60 g) dans une période de moins de 6 mois. Howell (1984) a produit des morues mesurant 12 cm (18 g) au bout de 18 semaines et 34 cm (475 g) au bout de 60 semaines. Williams et Kiceniuk (1986) ont obtenu un taux moyen de croissance en poids de 66 et 79% en 12 et 14 semaines lors de deux essais réalisés sur des morues de 40 à 60 cm nourries à satiété 3 fois/semaine à des températures de 7 à 15°C.

La croissance serait maximale à des températures de 13 à 15°C (Jobling 1983). L'étude de Tyler (1970) basée sur le taux d'évacuation gastrique suggère la même conclusion. Ces températures sont les températures sélectionnées par la morue placée dans un gradient thermique (Bohle 1974), mais ne coïncident pas avec les températures auxquelles on retrouve la morue en nature (Jean 1964, Scott 1982). Howell (1984) suggère plutôt des températures de 10 à 13°C.

Selon Hawkins et al. (1985), la croissance spécifique est fonction de la ration à toutes les températures et, à ration constante, elle est maximale aux basses températures puisque la ration de base augmente avec la température. Par contre, même si le taux de conversion diminue avec une augmentation de température, la consommation de nourriture augmente et le taux de croissance des morues nourries à satiété est maximal à des températures plus élevées (Hawkins et al. 1985). Les équations suivantes décrivent la relation entre le taux de croissance spécifique et la ration alimentaire:

$$C_s = -0.0520 + 0.1894\ R_s$$

(Hawkins et al. 1985)

pour un poisson de 100 g à 10°C,

$$C_s = -0.1939 + 0.2428\ R_s$$

(Hawkins et al. 1985)

pour un poisson de 400 g à 10°C,

$$C_s = -0.58 + 1.13\ R_s$$

(Houlihan et al. 1988)

pour des poissons de 300 g gardés 3 mois à 10°C. C_s est le taux de croissance spécifique (% du poids frais par jour) et R la ration alimentaire (% du poids frais par jour). Braaten (1984) fournit l'équation:

$$\text{Log } C = -1.16 + 0.52 \text{ Log } R$$

(Braaten 1984)

où C est la croissance (kcal/jour) et R la ration alimentaire (kcal/jour) à 8.4°C pour des poissons pesant entre 200 et 300 g. Cette relation entre croissance et ration a aussi été démontrée pour des morues de moins de 900 g (Edwards et al. 1972, Jones et Hislop 1978).

Plusieurs espèces de poissons emmagasinent l'énergie consommée en excès des besoins de base du métabolisme le long de l'intestin et sous le derme sous forme de lipides, mais la morue canalise cette énergie vers la croissance hépatique et la croissance du tissu musculaire (Edwards

et al. 1972). Ainsi, le rapport poids du foie/poids total augmente avec la ration de façon linéaire. Le poids du foie varie de façon saisonnière et reflète les variations du contenu en lipides de même que le taux de croissance de la morue (Holdway et Beamish 1984). Holdway et Beamish (1984) fournissent des courbes permettant de déterminer le contenu en lipides, en protéines, en eau et en énergie à partir de la mesure d'une seule des ces variables.

Le taux de croissance des morues diminue avec leur taille:

$$\text{Log}_e\ C = 2.930 - 0.441\ \text{Log}_e\ P$$

(Jobling 1983)

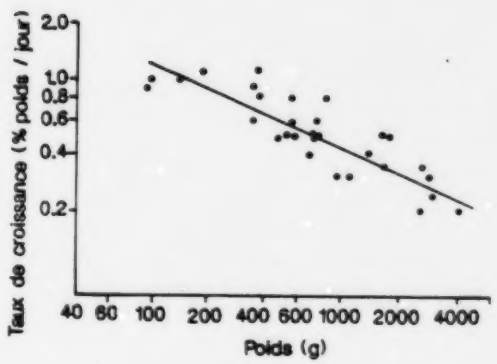
où C est la croissance spécifique et P le poids (g) pour des morues de 100 à 1000 g à des températures de 10 à 14°C, et

$$C = 9.68\ P^{-0.49}$$

(Braaten 1984)

où C est la croissance spécifique et P le poids (g) pour des morues de 4 kg et moins à des températures de 6 à 9°C. Ainsi, Braaten (1984) a déterminé que la croissance spécifique en poids des morues était de 1.4 à 2.0% par jour entre 3.6 et 90 g, 0.8 à 1.7% par jour entre 90 et 800 g et 0.2 à 0.3% par jour au-delà (Fig. 24). Howell (1984) a mesuré un taux de croissance de 27 mm/mois pour des morues de moins de 12 cm et de 19 mm/mois pour des morues de 12 à 34 cm à des températures variant entre 6 et 16°C. Des morues de 34 cm (450 g) et 42 cm (760 g) nourries à satiété pendant un an à des températures variant entre 2.5 et 15°C se sont accrues de 15 cm et 11 cm respectivement pour un accroissement en poids de 98% pour les morues de 42 cm contre 157% pour les morues de 34 cm (Kohler 1964).

Figure 24. Taux de croissance en fonction du poids de morues nourries à satiété, à 8.5°C (tiré de Braaten 1984).



Maladies

Les conditions de promiscuité découlant des fortes densités d'élevage requièrent une bonne connaissance des moyens de prévention et de traitement des maladies bactériennes, virales ou fungiques. Malheureusement, les méthodes mises au point pour le traitement des maladies bactériennes des salmonidés par exemple peuvent s'avérer totalement inutiles pour les poissons marins. Quoiqu'il en soit, l'élevage requiert en partant une bonne connaissance des maladies les plus communes. Or, peu de travaux ont été publiés sur les maladies de la morue, que ce soit sur les stocks sauvages ou sur les morues gardées en captivité, vraisemblablement parce qu'il y a eu peu de travaux sur la question. Seulement deux maladies ont été rapportées jusqu'à maintenant. La plus dommageable est la vibriose causée par la bactérie *Vibrio anguillarum*. Les symptômes les plus communs sont des lésions cutanées, des furoncles et des hémorragies, l'érosion de la nageoire caudale et l'exophtalmie. Plusieurs souches semblent être en cause et les traitements

tentés à ce jour sont restés sans succès, mais les Norvégiens mettent présentement au point un vaccin (Egidius et Andersen 1984). L'autre maladie rapportée est de nature virale: la nécrose érythrocytaire virale (*Viral Erythrocytic Necrosis*) est due à un virus de la famille des Iridoviridae (ICDV). Il n'y a pas de mortalité associée à la présence de ce virus, sauf peut-être chez les Salmonidae (Reno et Nicholson 1981). Des morues inoculées avec ce virus ont développé la maladie en un mois, sont restées malades 3 mois, puis ont retrouvé leur santé. Le virus cause l'anémie et perturbe le métabolisme des érythrocytes sans causer de mortalités chez la morue (Reno et al. 1986).

Mentionnons aussi que la morue a tendance spontanément, sous l'impulsion d'un stress, à développer un problème d'exophtalmie, par l'accumulation de gaz dans l'oeil. Comme c'est le cas pour tous les poissons, l'exophtalmie peut être causée par la sursaturation en gaz de l'eau ou par une brusque remontée vers la surface au moment de la pêche, mais chez la morue une perturbation des conditions d'élevage ou le stress sous diverses formes peuvent entraîner un dérèglement dans le fonctionnement de l'axe pseudobranchie - anhydrase carbonique-glande choroïde, ce qui cause une production accrue de gaz dans l'oeil même (Dehadrai 1966). La blessure qui en résulte cause la perte de la vue et pourrait constituer un site d'entrée pour l'infection bactérienne.

Parasites

Les parasites de la morue sont indésirables dans le contexte aquicole pour deux raisons. Parfois, ils peuvent entraîner la mort directement ou encore indirectement en rendant les poissons plus vulnérables aux maladies. Ils peuvent aussi diminuer la valeur du produit de deux manières, parce que leur présence répugne aux consommateurs et parce que le coût d'extraction est élevé. Comme c'est souvent le cas pour les organismes en milieu naturel, la morue héberge une variété de parasites (Margolis et Arthur 1979; Margolis et Kabata 1988).

Parmi ces parasites, malgré leur taille microscopique, les protozoaires ne sont pas les moins néfastes. *Trichodina*, un cilié de la famille des Urceolariidae (40-100 µm) a été observé sur les branchies et sur des lésions cutanées, causant la mort de 20% d'un stock de géniteurs en cage (Egidius et Andersen 1984). Le flagellé *Trypanosoma murmanensis*, un parasite du sang, a causé des troubles persistents au niveau circulatoire: une augmentation de l'abondance des flagellés dans le sang suite à une infestation expérimentale a entraîné une baisse de l'hématocrite et de l'hémoglobine. Le parasite est transmis à la morue par la sangsue marine *Johanssonia arctica*. Des concentrations de l'ordre de 10^3 organismes par mL ont été observées (Khan 1976, 1977). Ce parasite est moins fréquent (prévalence 4%) dans le Golfe du Saint-Laurent que dans l'Atlantique (Khan et al. 1980). Le microsporozoaire *Loma morhua* a également été signalé sous forme de kistes sur les branchies, mais aussi sur les organes internes (Morrison 1983), mais on ne sait pas s'il cause des troubles pathologiques. C'est aussi un protozoaire, non-identifié, qui semble causer les lésions par des cellules-x (Egidius et al. 1981; Waterman et Dethlefsen 1982). Les cas d'infection sont plus fréquents chez les individus de moins de 40 cm et près de la côte (2% dans la Baie des Chaleurs, Morrison et al. 1982). Le parasite provoque des lésions semblables à des tumeurs, généralement au niveau des pseudobranchies. Il pourrait être la cause d'un ralentissement de la maturation sexuelle et d'un taux plus élevé de mortalité associée à

des infections bactériennes chez des morues gardées en captivité (Morrison et al. 1982).

Les parasites les mieux connus de la morue sont les nématodes de la famille des Anisakidae. Le ver de morue, *Phocanema decipiens*, commence son cycle dans le phoque, principalement le phoque gris: la femelle libère quelques 400 mille oeufs (Odense 1978) qui éclosent, à des températures de 2 à 24°C, en 5 à 20 jours. Les oeufs coulent de sorte que les larves qui émergent se fixent au substrat où elles peuvent survivre jusqu'à 140 jours à une température de 5°C. Ces larves sont avalées par des copépodes benthiques (Harpacticoida, Cyclopoida), jamais par des organismes planctoniques tels les Calanoidea. La transmission ne se fait pas directement au poisson (McClelland 1982). Ces copépodes sont à leur tour mangés par la morue ou d'autre poissons tels l'éperlan, *Osmerus mordax*, dont la morue se nourrit. La larve pénètre à travers l'estomac jusque dans le muscle où elle reste enroulée (3-4 cm). Lorsque la morue est consommée par le phoque, la température interne élevée du phoque déclenche la mue et la maturation (Odense 1978). Le ver de morue n'est pas dangereux pour l'homme; il meurt lors de la congélation (24 h à -20°C) ou de la cuisson (70°C pendant 7 minutes). Il est plus fréquent dans le sud du Golfe Saint-Laurent (Odense 1978; McClelland 1982). McClelland et al. (1983) ont dénombré de 0 à 20 parasites par morue pour des morues de 20 à 80 cm, le nombre augmentant proportionnellement à la taille du poisson. Seulement 20% des morues de 20 cm étaient infestées alors que ce pourcentage est de 100% pour des morues de 80 cm. *P. decipiens* se loge principalement dans les filets (86%), mais aussi dans les muscles recouvrant l'abdomen (11%) et dans la cavité coélomique (3%). *Anisakis* sp., un autre nématode de la même famille, est moins fréquent et se loge dans les mésenthères hépatiques et viscéraux, rarement dans les filets (3% des cas) (McClelland et al. 1983).

Le crustacé *Lernaeocera branchialis*, comme son nom l'indique, s'accroche aux branchies. Les stades intermédiaires de ce parasite se trouvent chez la poule de mer, *Cyclopterus lumpus*, à proximité des côtes, ce qui peut expliquer que ce sont surtout les morues de moins de 50 cm qui sont parasitées (parfois 15% des individus). Le nombre de parasites par poisson est rarement plus que deux. Malgré cela, il semble que la présence du parasite soit corrélée à une perturbation du cycle de maturation sexuelle (Templeman et al. 1976). Voir Kabata (1988) pour plus de détails sur ce parasite.

DISCUSSION

L'élevage de la morue franche présente de façon générale beaucoup moins d'inconnues que celui de nombreux autres poissons marins (Tableau 2, page 36). C'est dû en partie au fait que les premiers essais de production de post-larves pour le repeuplement remontent à au-delà de 100 ans. En Écosse, où les conditions seraient idéales pour la production de morue, on estime que l'aquaculture intensive de la morue présente peu de problèmes et qu'il est possible de produire à partir d'une morue de 5 g un poisson de 2 kg au bout de 18 mois. Soulignons l'essai réalisé en Norvège où une solution a été envisagée par laquelle les larves sont élevées en milieu lagunaire de façon plus économique vraisemblablement (Kvenseth et Oiestad 1984; Oiestad et al. 1985). L'élevage complet ne semblant pas rentable, les producteurs se dirigent plutôt vers l'engraissement de juvéniles prélevés dans le milieu naturel. C'est le cas dans l'Est du Canada (Williams et Kiceniuk 1986, Fisher 1988).

Les mécanismes de déclenchement de la maturation sexuelle chez la morue ne diffèrent vraisemblablement pas de ceux d'autres poissons, mais lorsque l'on vise l'engraissement de morues juvéniles pour la commercialisation, il est nécessaire de connaître avec précision le moment et les conditions propices à ce déclenchement. L'inconvénient de la maturation sexuelle dans un élevage tient à ce que la maturation sexuelle entraîne une croissance négative et conséquemment, une baisse de la qualité et du volume de production. Le problème est documenté (Braaten 1984), mais il reste à trouver des solutions si l'on veut commercialiser des morues de plus de 30 à 35 cm. Jusqu'à maintenant, on ne contrôle pas le cycle de maturation sexuelle de la morue, contrairement à ce qui est le cas pour le turbot européen par exemple chez lequel la maturation sexuelle peut être provoquée en tout temps de l'année en manipulant la photopériode ou en injectant des hormones. Lorsqu'un poisson a une longue saison de reproduction, il est possible d'envisager se procurer en nature les géniteurs requis pour la fécondation artificielle et ce, sans risquer de rater une saison. C'est le cas de la morue qui présente un autre avantage, celui de frayer naturellement en élevage. Néanmois, une production intensive devra tôt ou tard produire ses propres géniteurs et ceci requiert un bon contrôle de la reproduction.

Bien que l'on connaisse en partie les besoins nutritionnels et environnementaux des larves de morue, des renseignements additionnels sont requis. La morue produit un grand nombre de petits oeufs pélagiques donnant de minuscules larves planctoniques. Elle est en cela comparable à la sole ou au turbot en Europe (Jones 1984). La période larvaire est critique car c'est au cours de cette période que se produisent le plus de mortalités. Parmi les problèmes à résoudre, nous en mentionnerons trois principaux. Premièrement, le taux de mortalité n'est pas le même d'un lot à un autre. Ceci est dû à une certaine variabilité de la qualité des gamètes, mais il n'existe pas de méthodes pour déterminer la qualité des oeufs. Deuxièmement, pour les régions où l'eau de mer est diluée par des apports d'eau douce, l'incubation est problématique: l'embryon coule ce qui multiplie le risque que les maladies se propagent. Peut-être est-il possible de manipuler les géniteurs de manière à ajuster la densité de l'oeuf, et donc sa flottabilité, sans modifier le taux de mortalité des embryons. La survie des embryons et des larves en eau saumâtre n'a été évaluée que partiellement et les résultats obtenus sont contradictoires (Laurence et Rogers 1976; Davenport et al. 1981; Kjorsvik et Lonning 1983). Finalement, il faudrait trouver une diète de remplacement pour les larves et les morues juvéniles de moins de 3.5 cm. Les tentatives de remplacer la nourriture vivante, coûteuse en main d'oeuvre, par une moulée n'ont pas réussi jusqu'à présent (Hjelmeland et al. 1984; Oiestad et al. 1985).

L'élevage des morues aux stades juvéniles et adultes ne présente pas de problèmes particuliers. Ces morues tolèrent de larges gammes de conditions environnementales, ce qui est un avantage non négligeable si on en envisage l'élevage, particulièrement dans les eaux de surface. Les morues se nourrissent volontiers de poisson (hareng, capelan, etc.) et les taux de conversion observés sont excellents puisqu'ils varient de 2:1 à 3:1.

Malheureusement, il n'existe que très peu de données sur les taux de mortalité observés au cours des essais d'engraissement. Le principal problème à résoudre est sans doute celui du cannibalisme. Dans un bassin, il s'établit des hiérarchies de dominance entre les individus, les individus soumis ayant un

taux de croissance faible ou même nul. Les individus dont la croissance est nulle peuvent éventuellement être dévorés par les plus gros individus. Habituellement, ce problème est solutionné en séparant régulièrement les poissons par classe de taille, ce qui requiert une manipulation des poissons. Des solutions alternatives pourraient être testées: trouver une cédule de nourrissage qui satisfasse les besoins des individus dominants puis ceux des individus soumis dans la même journée, ou encore déterminer s'il existe une densité au-delà de laquelle ce problème ne se pose plus.

L'augmentation de la densité ne va pas sans augmenter les risques de propagation des maladies. Or, il existe très peu d'informations sur les maladies de la morue dans la littérature scientifique. Présentement, nous poursuivons à notre laboratoire, en collaboration avec l'Institut Armand-Frappier et l'École de Médecine vétérinaire de St-Hyacinthe, un programme visant à identifier les virus et bactéries pathogènes pouvant causer des problèmes lorsque les poissons sauvages sont mis en stabulation.

L'engraissement de morues sauvages à partir de poissons tels le capelan ne permet pas de produire des morues exemptes de parasites. Dans un élevage intensif, la production de morues exemptes de parasites permettrait de réduire le coût de la transformation et d'offrir un produit différent au consommateur. Pour réduire l'incidence du parasitisme dans un élevage de morues sauvages, on ne peut que sélectionner des tailles ou des stocks qui en sont relativement exempts et les nourrir de poissons ou moulées dont les parasites ont été tués, par exemple par congélation.

L'élevage de la morue en milieu côtier dans le Golfe du Saint-Laurent se heurtera au problème physique des glaces en hiver, et dans les cas où un engraissement sur une base saisonnière est envisagé, au fait que dans les milieux protégés, tels les estuaires des rivières ou par exemple la Baie des Chaleurs, la salinité des eaux de surface varie et est plutôt faible. La résistance de la morue aux basses températures de son environnement est bien connue. La morue sécrète une glycoprotéine plasmatique qui lui permet de survivre à des températures bien inférieures à 0°C. Par contre, on ne connaît rien de sa capacité de tolérer des salinités inférieures à la salinité de l'eau de mer. Les résultats préliminaires de tests effectués dans nos laboratoires, conjointement avec l'Université du Québec à Rimouski et l'Institut National de la Recherche Scientifique, Océanologie, sont à cet égard prometteurs. Des morues transférées à divers temps de l'année à des eaux de salinités intermédiaires (7, 14 et 21 g/L) survivent, alors que des salinités plus faibles causent des mortalités. Sous réserve de tests en cours à des températures plus élevées et de comparaisons du taux de croissance entre ces traitements, il semble possible de conlure que les milieux estuarien et côtier sont propices à l'élevage de la morue sous ce strict point de vue. Plus généralement, il est permis de penser que bien que les poissons marins vivent dans des eaux dont la salinité se situe près de 32 g/L, ils pourraient très bien vivre à des eaux dont la salinité est inférieure, ce qui permet d'envisager divers scénarios pour l'utilisation d'eaux plus chaudes (eau de mer diluée avec des eaux douces plus chaudes) ou le choix de sites d'élevage en milieu côtier.

Le Québec à l'image du Canada est un exportateur de poisson. Cette caractéristique le soumet aux forces du marché international. Toute fluctuation sur

les marchés mondiaux, que ce soit au niveau de l'offre ou de la demande de produits marins, a un impact direct sur les produits de la pêche québécoise. Comme l'aquaculture pourrait en quelque sorte compléter la production du Québec, elle sera aussi soumise aux mêmes tensions du marché.

Dans le cas de la morue, le contexte qui prévaut actuellement est caractérisé d'une part par une stabilité des débarquements mondiaux et d'autre part par une baisse de la demande. Cette dernière étant induite par la résistance des consommateurs face à une hausse trop rapide des prix de ces dernières années. Cette combinaison de variables a tôt fait de faire baisser les prix de la morue sur le marché. Cette tendance à la baisse pourrait faire place à une certaine stabilité des prix lorsque les inventaires seront revenus à des niveaux normaux.

Au Québec, certaines indications telles la baisse des débarquements, la rareté de morue de forte taille et la baisse du taux de croissance des morues de nos stocks suggèrent une possibilité de marché pour une production aquicole de morue franche.

Du côté micro-économique, il existe peu d'informations sur la rentabilité de l'élevage de la morue. Jones dans une étude produite en 1984 relatait tout de même qu'à cette époque il n'était pas rentable d'élever de la morue en Ecosse. Malgré cela, à Terre-Neuve, des entrepreneurs ont lancé en 1986 une entreprise d'engraissement de morue en milieu côtier (Fisher 1988). Des morues capturées à la fin de la période de fraie ont été transportées jusqu'à des cages pour des essais d'engraissement entre juillet et décembre, c'est-à-dire entre le moment où les températures relativement chaudes de l'été favorisent une croissance rapide et le moment où la croissance ralentit alors que l'énergie est à nouveau dirigée vers la production des gonades. Le taux de mortalité au cours du transport a varié selon la méthode de capture et selon le temps requis pour parcourir la distance entre le lieu de pêche et le site d'engraissement. La mortalité se produisait principalement dans les deux semaines suivant la capture. Les morues recevaient environ 6% de leur poids par repas et étaient nourries tous les 2 jours environ, généralement de capelan ou autres poissons. Les résultats de ces essais sont difficiles à évaluer puisque plusieurs facteurs n'étaient pas sous contrôle: la densité n'était pas la même d'une cage à l'autre, les tailles individuelles n'étaient pas homogènes d'où des problèmes de cannibalisme, les morues ont pu se nourrir de crustacés et petits poissons que les mailles des parois des cages laissaient pénétrer, etc. Les morues qui mesuraient 47.3 cm (1.07 kg) en juillet, en mesuraient 53.2 cm (1.89 kg) en septembre et 56.8 cm (2.02 kg) en décembre (Fisher 1988). Ce type de projet pourrait connaître un certain essor dans l'avenir. Cantin et Bourdages (1989) ont abordé cette question dans le contexte québécois.

REFERENCES

Ali, M.A., 1971. Les réponses rétinomotrices: caractères et mécanismes. Vision Res. 11: 1225-1288.

Baird, J.W., C.A. Bishop et R. Wells, 1986. Estimates of age and length at maturity for cod in NAFO Divisions 2J+3KLNO. NAFO SCR Doc. 86/122. Serial No N 1251: 3 p.

Beacham, T.D., 1983a. Growth and maturity of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1142: iv + 31 p.

Beacham, T.D., 1983b. Variability in median size and age at sexual maturity of Atlantic cod, *Gadus morhua*, on the Scotian shelf in the Northwest Atlantic Ocean. Fish. Bull. 81: 303-321.

Bohle, B., 1974. Temperaturpreferanse hos tork (*Gadus morhua*). Fisken Hav. Ser. B 20: 1-28.

Braaten, B., 1984. Growth of cod in relation to fish size and ration level, p. 677-712. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Braaten, B., et S.L. Gokstad, 1980. Appetite feeding experiments with cod-preliminary results. I.C.E.S. C.M. 1980/F: 20.

Brawn, V.M., 1961a. Aggressive behaviour in the cod (*Gadus callarias*). Behaviour 18: 107-147.

Brawn, V.M., 1961b. Reproductive behaviour of the cod (*Gadus callarias*). Behaviour 18: 177-198.

Brawn, V.M., 1969. Feeding behavior of cod (*Gadus morhua*). J. Fish. Res. Board Can. 26: 583-596.

Bromley, P.J., et P.A. Sykes, 1985. Weaning diets for turbot (*Scopthalmus maximus*), sole (*Solea solea*) and cod (*Gadus morhua*), p. 191-211. *In*: C.B. Covey, A.M. Mackie, and J.G. Bell (Eds.), Nutrition and feeding in fish. Academic Press, New York. 489 p.

Buckley, L.J., 1979. Relationships between RNA-DNA ratio, prey density, and growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. J. Fish. Res. Board Can. 36: 1497-1502.

Buckley, L.J., 1981. Biochemical changes during ontogenesis of cod (*Gadus morhua*) and winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*) larvae. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer 178: 547-552.

Buckley, L.J., 1984. RNA-DNA ratio: an index of larval fish growth in the sea. Mar. Biol. 80: 291-298.

Cantin, C. et J. Bourdages, 1989. Faisabilité économique d'un élevage-type de morue sur la basse Côte-Nord. Rapport d'analyse économique et commerciale no. 27. ISBN 0-662-95599-4: 61 pages.

Craik, J.C.A., et S.M. Harvey, 1984. Biochemical changes occurring during final maturation of eggs of some marine and freshwater teleosts. J. Fish Biol. 24: 599-610.

Craik, J.C.A., et S.M. Harvey, 1987. The causes of buoyancy in eggs of marine teleosts. J. mar. biol. Ass. U.K. 67: 169-182.

Dahl, E., D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1, 895 p.

Davenport, J., S. Lonning et E. Kjorsvik, 1981. Osmotic and structural changes during early development of eggs and larvae of the cod, Gadus morhua. J. Fish Biol. 19: 317-331.

Dehadrai, P.V., 1966. Mechanisms of gaseous exophthalmia in the Atlantic cod, Gadus morhua. J. Fish. Res. Bd. Canada 23: 909-914

Division de la statistique et de l'informatique, 1988. Revue statistique annuelle 1984-1987. Ministère des Pêches et des Océans, Canada. ISBN 0-662-95010-0.

Edwards, R.R.C., D.M. Finlayson, et J.H. Steele, 1972. An experimental study of the oxygen consumption, growth, and metabolism of the cod (Gadus morhua). J. exp. mar. Biol. Ecol. 8: 299-309.

Egidius, E., et K. Andersen, 1984. Disease problems in cod rearing, p. 761-772. In: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Egidius, E.C., J.V. Johannessen, et E. Lange, 1981. Pseudobranchial tumours in Atlantic cod, Gadus morhua, from the Barents Sea. J. Fish Dis. 4: 527-532.

Eliassen. J.-E., et O. Vahl, 1982. Seasonal variations in the gonad size and the protein and water content of cod, Gadus morhua, muscle from Northern Norway. J. Fish Biol. 20: 527-533.

Ellertsen, B., P. Possum, P. Solemdal, S. Sundby, et S. Tilseth, 1984. A case study on the distribution of cod larvae and availability of prey organisms in relation to physical processes in Lofoten, p. 453-478. In: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Ellingsen, O.F., et K.B. Doving, 1986. Chemical fractionation of shrimp extracts inducing bottom food search behaviour in cod (Gadus morhua). J. Chem. Ecol. 12: 155-168.

Fahay, M.P., 1983. Guide to the early stages of marine fishes occurring in the Western North Atlantic Ocean, Cape Hatteras to the Southern Scotian Shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 4: 423 p.

Fiander - Good Associates Ltd, 1988. Economic assessment of salmonid cage culture industry in south westhern New Brunswick: 104 pages.

Fisher, R. 1988. Assessments and observations of a cod farming operation in Newfoundland. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 194: vii + 81 p.

Gamble, J.C., et E.D. Houde, 1984. Growth, mortality and feeding of cod (*Gadus morhua*) larvae in enclosed water columns and in laboratory tanks, p. 123-144. *In:* E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Hawkins, A.D., M.M. Soofiani, et G.W. Smith, 1985. Growth and feeding of juvenile cod (Gadus morhua). J. Cons. int. Explor. Mer 42: 11-32.

Hjelmeland, K., I. Huse, T. Jorgensen, G. Molvik, et J. Raa, 1984. Trypsin and trypsinogen as indices of growth and survival potential of cod (*Gadus morhua*) larvae, p. 189-202. *In:* E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Holdway, D.A., et P.W.H. Beamish, 1984. Specific growth rate and proximate body composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 81: 147-170.

Holdway, D.A., et P.W.H. Beamish, 1985. The effect of growth rate, size and season on oocyte development and maturity of Atlantic cod (*Gadus morhua*). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 85: 3-19.

Houlihan, D.P., S.J. Hall, C. Gray, et B.S. Noble, 1988. Growth rates and protein turnover in Atlantic cod, Gadus morhua. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 951-964.

Howell, B.R., 1973. Marine fish culture in Britain VIII. A marine rotifer, *Brachionus plicatilis*, and the larvae of the mussel, *Mytilus edulis*, as foods for larval flatfish. J. Cons. int. Explor. Mer 35: 1-6.

Howell, B.R., 1984. The intensive rearing of juvenile cod, Gadus morhua, p. 657-676. *In:* E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Iversen, S.A., et D.S. Danielssen, 1984. Development and mortality of cod (*Gadus morhua*) eggs and larvae in different temperatures, p. 49-66. *In:* E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Jean, Y., 1964. Seasonal distribution of cod (*Gadus morhua*) along the canadian Atlantic coast in relation to water temperature. J. Fish. Res. Bd. Canada 21: 429-460.

Jobling, M., 1982. Food and growth relationships of the cod, Gadus morhua, with special reference to Balsfjorden, north Norway. J. Fish Biol. 21: 357-371.

Jobling, M, 1983. Growth studies with fish-overcoming the problems of size variation. J. Fish Biol. 22: 153-157.

Jones, A., 1984. Does cod farming have a commercial future ? A technical and economic assessment, p. 773-786. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Jones, R., et J.R.G. Hislop, 1978. Further observations on the relation between food intake and growth of gadoids in captivity. J. Cons. int. Explor. Mer. 38: 244-251.

Kabata, Z., 1988. Copepoda and Branchiura, p. 3-127. *In*: L. Margolis, et Z. Kabata (Eds), Guide to the parasites of fishes of Canada. Part II - Crustacea. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 101: 184 p.

Khan, R.A., 1976. The life cycle of *Trypanosoma murmanensis*. Can. J. Zool. 54: 1840-1849.

Khan, R.A., 1977. Blood changes in Atlantic cod (*Gadus morhua*) infected with *Trypanosoma murmanensis*. J. Fish. Res. Board Can. 34: 2193-2196.

Khan, R.A., J. Murphy, et D. Taylor, 1980. Prevalence of trypanosome in Atlantic cod (*Gadus morhua*) especially in relation to stocks in the Newfoundland area. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 1467-1475.

Kjorsvik, E., A. Stene, et S. Lonning, 1984. Morphological, physiological and genetical studies of egg quality in cod (*Gadus morhua*), p. 67-86. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, *Gadua morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Kjorsvik, E., et S. Lonning, 1983. Effects of egg quality on normal fertilization and early development of the cod, *Gadus morhua*. J. Fish Biol. 23: 1-12.

Knutsen, G.M., et S. Tilseth, 1985. Growth, development, and feeding success of Atlantic cod larvae *Gadus morhua* related to egg size. Trans. Am. Fish. Soc. 114: 507-511.

Kohler, A.C., 1964. Variations in the growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*). J. Fish. Res. Bd. Canada 21: 57-100.

Kuftina, N.D., et G.G. Novikov, 1986. Embryonic growth and utilization of yolk storage proteins during early ontogeny of cod, *Gadus morhua*, at different temperatures. J. Ichthyol. 26: 76-88.

Kvenseth, P.G., et V. Oiestad, 1984. Large scale rearing of cod fry on the natural food production in an enclosed pond, p. 645-666. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Lalancette, L.-M., 1984. Croissance, reproduction et régime alimentaire de la morue, *Gadus morhua*, vivant dans le Fjord du Sagnenay au Québec. Canadian Field-Naturalist 98: 305-314.

Laurence, G.C., 1978. Comparative growth, respiration and delayed feeding abilities of larval cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) as influenced by temperature during laboratory studies. Mar. Biol. 50: 1-7.

Laurence, G.C., 1979. Larval length-weight relations for seven species of Northwest Atlantic fishes reared in the laboratory. Fish. Bull. 76: 890-895.

Laurence, G.C. et C.A. Rogers, 1976. Effects of temperature and salinity on comparative embryo development and mortality of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). J. Cons. int. Explor. Mer 36: 220-228.

Lauzier, P., 1988. Analyse économique et commerciale du poisson de fond au Québec. Ministère des Pêches et des Océans. Division des Sciences économiques, Canada. ISBN 0-662-95176-x: 25 pages.

Lough, R.G., 1984. Larval fish trophodynamic studies on Georges Bank: sampling strategy and initial results, p. 395-434. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Makhotin, V.V., G.G. Novikov, S.G. Soin, et V.N. Timeiko, 1984. The peculiarity of the development of White Sea cod, p. 105-122. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod *Gadus morhua*. Flodevigen rapportser. 1.

Margolis, L. et J.R. Arthur, 1979. Synopsis of the parasites of fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 199: 269 p.

Margolis, L., et Z. Kabata, 1988. Guide to the parasites of fishes of Canada. Part II - Crustacea. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 101: 184 p.

May, A.W., 1967. Fecundity of Atlantic cod. J. Fish. Res. Bd. Canada 24: 1531-1551.

McClelland, G., 1982. *Phocanema decipiens* (Nematoda: Anisakinae): experimental infections in marine copepodes. Can. J. Zool. 60: 502-509.

McClelland, G., R.K. Misra, et D.J. Marcogliese, 1983. Variations in abundance of larval anisakines, sealworm (*Phocanema decipiens*) and related species in Scotian Shelf (4Vs and 4W) cod and flatfish. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1202: ix + 27 p.

Morrisson, C.M., 1983. The distribution of the microsporidian *Loma morhua* in tissues of the cod *Gadus morhua*. Can. J. Zool. 61: 2155-2161.

Morrisson, C.M., G. Shum, R.G. Appy, P. Odense, et C. Annand, 1982. Histology and prevalence of X-cell lesions in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 1519-1530.

Myrseth, B., 1988. Congress Proceedings. Aquaculture International Congress and Exposition, Vancouver, 6-9 September 1988.

Odense, P.H., 1978. Some aspects of the codworm problem. Fish. Mar. Serv. Ind. Rep. 106: 20 p.

Oiestad, V., 1984. Criteria for conditon evolved from enclosure experiments with cod larva populations, p. 213-230. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Oiestad, V., P.G. Kvenseth, et A. Folkvord, 1985. Mass production of Atlantic cod juveniles Gadus morhua in a Norwegian saltwater pond. Trans. Am. Fish. Soc. 114: 590-595.

Olafsen, J.A., 1984. Ingestion of bacteria by cod (Gadus morhua) larvae, p. 627-644. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Powles, P.M., 1958. Studies of reproduction and feeding of Atlantic cod (Gadus callarias) in the Southwestern Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Bd. Canada 15: 1383-1402.

Raae, A.J., I. Opstad, P. Kvenseth, et B.T. Walther, 1988. RNA, DNA and protein during early development in feeding and starved cod (Gadus morhua) larvae. Aquaculture 73: 247-259.

Reno, P.W., K. Kleftis, S.W. Sherburne, et B.L. Nicholson, 1986. Experimental infection and pathogenesis of viral erythrocytic necrosis (VEN) in Atlantic cod, Gadus morhua. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 945-951.

Reno, P.W., et B.L. Nicholson, 1981. Ultrastructure and prevalence of viral eythrocytic necrosis (VEN) virus in Atlantic cod, Gadus morhua, from the northern Atlantic Ocean. J. Fish Dis. 4: 361-370.

Riis - Vestergaard, J., 1984. Water balance in cod eggs, p. 87-104. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Riley, J.D., et W.G. Parnell, 1984. The distribution of young cod, p. 563-580. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Saunders, R.L., 1963. Respiration of Atlantic cod. J. Fish. Res. Bd. Can. 20: 373-386.

Scott, J.S., 1982. Depth, temperature and salinity preferences of common fishes of the Scotian shelf. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 3: 29-39.

Scott, W.B., et M.G. Scott, 1988. Atlantic fishes of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219: 731 p.

Shelbourne, J.E., 1964. The artificial propagation of marine fish. Adv. Mar. Biol. 2: 1-83.

Solberg, T., et S. Tilseth, 1984. Growth, energy consumption and prey density requirements in first feeding larvae of cod (Gadus morhua), p. 146-166. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Solemdal, P., E. Dahl, D.S. Danielssen, et E. Moksness, 1984. The cod hatchery in Flodevigen-background and realities, p. 17-48. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Soofiani, N.M. et A.D. Hawkins, 1982. Energetic costs at different levels of feeding in juvenile cod, Gadus morhua. J. Fish Biol. 21: 577-592.

Templeman, W., 1976. Biological and oceanographic background of Flemish Cap as an area for research on the reasons for year-class success and failure in cod and redfish. ICNAF Res. Bull. 12: 100-117.

Templeman, W., V.M. Hodder, et A.M. Fleming, 1976. Infection of lumpfish (Cyclopterus lumpus) with larvae and of Atlantic cod (Gadus morhua) with adults of the copepod, Lernaeocera branchialis, in and adjacent to the Newfoundland area, and inferences therefrom on inshore-offshore migrations of cod. J. Fish. Res. Board Can. 33: 711-731.

Thompson, B.M., et J.D. Riley, 1981. Egg and larval development studies in the North Sea cod (Gadus morhua). Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer 178: 553-559.

Tilseth, S., et B. Ellertson, 1984. Food consumption rate and gut evacuation processes of first feeding cod larvae (Gadus morhua), p. 167-182. *In*: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness et P. Solemdal (Eds), The propagation of cod, Gadus morhua. Flodevigen rapportser. 1.

Tyler, A.V., 1970. Rates of gastric emptying in young cod. J. Fish. Res. Bd. Canada 27: 1177-1189.

Vladykov, V.D., C.B. Renaud, et S. Laframboise, 1985. Breeding tubercles in three species of Gadus (cods). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 608-615.

Waiwood, K, et J. Majkowski, 1984. Food consumption and diet composition of cod, Gadus morhua, inhabiting the southwestern Gulf of St. Laurence. Env. Biol. Fish. 11: 63-78.

Walsh, S.J., R. Wells, et S. Brennan, 1986. Histological and visual observations on oogenesis and sexual maturity of Flemish Cap female cod. NAFO SCR Doc. 86/111: 11 p.

Watermann, B, et V. Dethlefsen, 1982. Histology of pseudobranchial tumours in Atlantic cod (Gadus morhua) from the North Sea and the Baltic Sea. Helgolander Meeresunters 35: 231-242.

Williams, U.P., et J.W. Kiceniuk, 1986. Feeding and growth rates in Atlantic cod (Gadus morhua) held in captivity during the summer-autumn months. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1466: iv + 10 p.

Yin, M.C., et J.H.S. Blaxter, 1986. Morphological changes during growth and starvation of larval cod (Gadus morhua) and flounder (Platichthys flesus). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 104: 215-228.

Yin, M.C., et J.H.S. Blaxter, 1987a. Feeding ability and survival during starvation of marine fish larvae reared in the laboratory. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 105: 73-83.

Yin, M.C., et J.H.S. Blaxter, 1987b. Temperature, salinity tolerance, and buoyancy during early development and starvation of Clyde and North Sea herring, cod, and flounder larvae. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 107: 279-290.

Tableau 2. Résumé des caractéristiques biologiques du cycle de vie de la morue franche.

A. L'embryon

Taille de l'oeuf:	1.2 - 1.6 mm.
Incubation:	Pélagique. (Shelbourne 1964, Thompson et Riley 1981, Kjorsvik et Lonning 1983, Howell 1984, Solberg et Tilseth 1984).
	Durée fonction de la température. (Laurence et Rogers 1976, Thompson et Riley 1981, Kjorsvik et Novikov 1986).
Développement:	Normal entre 1 et 12°C. (Thompson et Riley 1981, Iversen et Danielssen 1984, Makhotin et al. 1984, Kuftina et Novikov 1986).
	Varie avec l'éclairage. (Solberg et Tilseth 1984).
	Tolère l'eau saumâtre. (Laurence et Rogers 1976, Davenport et al. 1981, Kjorsvik et al. 1984).

B. Larve vitelline et postlarve

Taille à l'éclosion: 4.5. mm / 200 µg.
(Olafsen 1984).

Développement: Métamorphose en 44 jours à 10°C et en 52 jours à 7°C.
(Laurence 1978).

Nourriture: Sac vitellin (7 jours); alimentation exogène dès le 4e ou 5e jour.
(Laurence 1978, Gamble et Houde 1984, Yin et Baxter 1987a)

Rotifères, nauplii et métanaulii d'Artemia.
(Howell 1973, 1984, Thompson et Riley 1981, Solberg et Tilseth 1984, Tilseth et Ellertsen 1984).

Taille des proies fonction de la taille de la larve.
(Lough 1984).

Consommation de 1 nauplii à l'heure jusqu'à concurrence de 3 ou 4.
(Tilseth et Ellertsen 1984).

Mortalité:

Taux de survie: 10% jusqu'à la métamorphose et 5 à 7% en 72 jours, jusqu'à 50%.
(Howell 1984, Kverseth et Oiestad 1984, Oiestad et al 1985).

Facteurs: Diète inadéquate, cannibalisme.
(Howell 1984).

Température de plus de 16 à 18°C et salinités de moins de 2-3 g/L.
(Yin et Blaxter 1987b).

C. Morues juvéniles et adultes

Taille à la métamorphose:	10-12 mm et 1000 à 1800 µg (poids sec). (Laurence 1978, Kvenseth et Oiestad 1985, Oiestad et al. 1985).
Nourriture:	Moulée acceptée à partir de 2.5-3.0 cm. (Bromley et Sykes 1985). Glycine et alanine déclencheurs du comportement d'alimentation. (Ellingsen et Doving 1986).
Cannibalisme:	Fonction de la taille. (Waiwood et Majkowski 1984, Bromley et Sykes 1985). Fonction de la ration. (Oiestad et al. 1985).
Consommation d'oxygène:	Mesurée en fonction du poids et de la température. (Saunders 1963, Braaten 1984). Mesurée en fonction de l'alimentation. (Soofiani et Hawkins 1982).
Ration de base:	Déterminée en fonction du poids du poisson. (Jones et Hislop 1978, Jobling 1982, Braaten 1984). Déterminée en fonction de la température. (Hawkins et al. 1985).
Ingestion:	Fonction du poids du poisson. (Jobling 1983). Fonction de la température. (Saunders 1963).

C. Morues juvéniles et adultes (suite)

Ingestion (suite):	Fonction de la cédule d'alimentation. (Braaten et Gokstad 1980).
Digestion:	Rythme fonction de la température. (Tyler 1970).
Taux de conversion:	Maximum à des rations intermédiaires. (Edwards et al. 1972). Diminue avec la taille du poisson. (Jones et Hislop 1978, Jobling 1982). Fonction de la diète. (Howell 1984). Coût d'assimilation varie de 3 à 20% de l'ingestion. (Soofiani et Hawkins 1982).
Croissance:	Rapide (taille de 34 cm en 60 semaines). (Braaten 1984, Howell 1984, Oiestad et al. 1985, Williams et Kiceniuk 1986). Maximale à 13-15°C. (Tyler 1970, Jobling 1983). Augmente en fonction de la ration. (Edwards et al. 1972, Jones et Hislop 1978, Braaten 1984, Hawkins et al. 1985, Houlihan et al. 1988). Diminue avec la taille (2%/jour, < 90 g; 0.2%/jour, > 800 g). (Kohler 1964, Jobling 1983, Braaten 1984, Howell 1984).
Maladies:	Vibriose (mortelle). (Egidius et Andersen 1984).

C. Morues juvéniles et adultes (suite)

Maladies (suite):	Nécrose érythrocytaire virale. (Reno et Nicholson 1981, Reno et al. 1986).
	Exophthalmie. (Dehadrai 1966).
Parasites:	*Trichodina* sp.(mortel). (Egidius et Andersen 1984).
	Trypanosoma murmanensis. (Khan 1976, 1977).
	Loma morhua. (Morrisson 1983).
	Phocanema decipiens (ver de morue). (Odense 1978, Mc Clelland 1982, Mc Clelland et al. 1983).
	Lernaeocera branchialis. (Templeman et al. 1976, Kabata 1988).
Comportement:	Hiérarchies et agressivité. (Brawn 1961a).

D. Maturation sexuelle

Taille à la maturité sexuelle:	< 10% à 30 cm, 100% à 50 cm. (Beacham 1983a,b; Baird *et al.* 1986).
Croissance:	Négative. (Braaten 1984).
Saison de reproduction:	De janvier à juin dans l'Atlantique, de mai à l'automne dans le Golfe. (Powles 1958, Fahay 1983, Scott et Scott 1988).
Pécondité:	Très élevée. (May 1967).
Pécondation artificielle:	Techniques habituelles. (Shelbourne 1964, Iversen et Danielssen 1984, Kjorsvik et Lonning 1984).
Pécondation naturelle:	Spontanée en bassin. (Laurence et Rogers 1976, Jones 1984). Gamètes libérés sur une période de 2 à 3 semaines. (Shelbourne 1964, Holdway et Beamish 1985).
Comportement:	Hiérarchies et agressivité. (Brawn 1961a,b).